Depotfettbestimmung durch Hautfalten- und Gesamtkaliummessung bei Säuglingen und Kindern bis zum 7. Lebensjahr

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von

Renate Grüning geb. Kerpen

Saarbrücken

1973

Aus der Kinderklinik der Universität des Saarlandes
Direktor: Prof. Dr. J. B. Mayer

Depotfettbestimmung durch Hautfalten- und Gesamtkaliummessung bei Säuglingen und Kindern bis zum 7. Lebensjahr

I N A U G U R A L D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung der Doktorwürde
der
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1973

vorgelegt von

Renate Grüning geb. Kerpen
geb. am 3.12.1935 in Trier

Dekan: Prof. Dr. med. G. A. Jutzler
Referent: Prof. Dr. med. W. Burmeister

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mündliche Prüfung abgelegt am 5. November 1973

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Literatur-Übersicht	5
	A) Depotfett-Werte	5
	B) Das sog. "innere Fett"	9
	C) Methoden zur Bestimmung des Depotfetts	10
	1. Bestimmung der Dichte des Körpers	10
	2. Bestimmung des Gesamtkörperwassers	14
	3. Bestimmung des Verteilungsvolumens fettlöslicher Testsubstanzen	17
	4. Die röntgen-histiometrische Methode	18
	5. Ultraschallmessungen des subcutanen Fettgewebes	19
	6. Messung des ^{40}K zur Depotfettbestimmung	22
	7. Depotfettbestimmung mittels Anthropometrie-Methoden	24
	D) Einzelheiten über Hautfaltenmessungen	25
	1. Geschichtliches	25
	2. Meßmethoden	26
	a) Zirkelmodelle	
	b) Spezialkleid für Hautfaltenmessungen	28

c) Meßtechniken 29
d) Meßstellen 31
3. Standardwerte für die subcutane Fettgewebsdicke 33
4. Hautfaltendicken in Kindheit und Jugend 35
5. Geschlechtsbedingte Unterschiede der Hautfaltendicke 37
6. Schwierigkeiten bei Hautfaltenmessungen und -beurteilungen bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern 38
7. Geographische, ethnische und rassische Einflüsse 40
8. Hautfaltenmessungen in den Entwicklungsländern 41
9. Hautfaltenwerte in Abhängigkeit vom Lebensstandard 43
10. Hautfaltenmessungen im Zusammenhang mit sportlicher Betätigung 43
11. Kontrolle bei Abmagerungskuren und Diäten 45
12. Hautfaltenmessungen und Plasma-Lipide bzw. - Cholesterin 46

III. Aufgabestellung vorliegender Arbeit 47

IV. Versuchspersonen 48
A) Einteilung in 7 Untersuchungsgruppen 48

B) Einordnung in die Längen- bzw. Gewichts-Perzentile von MEREDITH 50

V. Methoden 52

A) Hautfaltenmessungen 52

B) Errechnung des Depotfetts aus der Gesamtkaliummenge des Körpers 57

C) Statistische Auswertung 59

VI. Untersuchungsergebnisse 60

A) Hautfaltenmeßwerte 60

B) Gesamtkalium und Körßermaße 67

C) Mittelwerte der Hautfalten 74

D) Depotfettwerte 77

E) Regressionsgleichungen zur Errechnung von $Fett_H$ für die Untersuchungsgruppen A - G 85

G) Graphische Darstellung des Verhältnisses $Fett_K : Fett_H$ 93

VII. Diskussion 94

A) Länge und Gewicht 94

B) Hautfalten-Mittelwerte 95

C) Übereinstimmung der Werte für $Fett_K$ und $Fett_H$ 96

D) 9 Fälle mit geringer Übereinstimmung von $Fett_K$ und $Fett_H$ 98

E) Aussagekraft der von uns gemessenen Hautfalten und Vergleich mit der Hautfalten-Signifikanz in der Literatur 103

VIII. Zusammenfassung 107

IX. Literatur-Verzeichnis 110

I. EINLEITUNG

Zur Beurteilung des Ernährungszustandes bei Kindern und Erwachsenen werden heute immer noch Gewichts- /Alterstabellen, bzw. Längen- /Gewichtstabellen benutzt. Dabei ist bekannt, daß Übergewicht nicht mit Fettsucht gleichzusetzen ist. Übergewicht kann durch starke Skelettentwicklung, durch ausgeprägte Muskulatur oder durch übermäßiges Depotfett zustande kommen. Ebenso kann ein Kind, dessen Gewicht unterhalb der Norm liegt, über ein schlankes Skelett-Muskel-System bei normalem Depotfett verfügen oder mager und muskulös sein.

BEHNKE et al., 1942 berichten über die Untersuchungen hinsichtlich der Körperzusammensetzung an qualifizierten professionellen Fußballspielern aus den U.S.A., die - bei Anwendung der gebräuchlichen Längen- /Gewichtstabellen - infolge der ausgeprägten Muskelmasse so übergewichtig gewesen wären, daß man sie bei der Musterung für den Heeresdienst untauglich erklärt hätte, weil Übergewichtige Personen als fettsüchtig angesehen werden. Ähnliche Beobachtungen s. MAYER, 1966.
Bei der Beurteilung des Ernährungszustandes müßte also unbedingt das Körperfett gesondert gemessen werden. Es wäre von

Bedeutung, hierfür eine Methode zu finden, die ohne großen zeitlichen, personellen oder instrumentellen Aufwand durchgeführt werden könnte, und Ergebnisse mit für klinische Bedürfnisse ausreichender Präzision liefert.

Eine solche Methode wäre auch für Reihenuntersuchungen nützlich. Diese Reihenuntersuchungen sind für die Beurteilung des Ernährungszustandes einer Lebensgemeinschaft erforderlich. Von 1955 - 1962 wird die Übergewichtigkeit von Kindern für verschiedene Europäische Länder noch mit ca. 6 % angegeben (BÖRJESON, 1962, ETIENNE, 1956, HUBER, 1961, QUAADE, 1953), während sie nach neueren Arbeiten für Deutschland bereits 12 % und 14 % beträgt (MAASER et al., 1971, OSTER, 1970). In Cincinnati wurden 1968 (RAUH et al., 1968) bei Messungen an 1573 städtischen Schulkindern zwischen 6 und 17 Jahren 10 % Übergewichtige ermittelt. MAYER, 1966 berichtet unter Berücksichtigung der Werte anderer Autoren, daß 16 % der Bevölkerung der U.S.A. unter 30 Jahren übergewichtig sind.

Bei etwa 1/3 fettsüchtiger Erwachsener lag bereits vor der Pubertät eine Übergewichtigkeit vor (HEALD et al., 1965), und 80 % der überernährten Kinder müssen damit rechnen, als Erwachsene fett zu bleiben (HAASE et al., 1956). Sie sind beson-

ders von Herz-, Kreislauf- und Stoffwechselkrankheiten, Atembeschwerden oder Knochenerkrankungen bedroht. Kontrollen des Depotfetts sind also bereits in der Kindheit sinnvoll.

Das Depotfett F entspricht nach der heute gebräuchlichen Einteilung von BEHNKE et al., 1942 der Differenz zwischen Körpergewicht und fettfreier Körpermasse (lean body mass = LBM). Einen erheblichen Anteil von F stellt das subcutane Fettgewebe dar: Nach MAYER, 1966 ca. 50 %. Seine Messung durch Caliper hat sich in den letzten Jahrzehnten in zahlreichen Untersuchungen als eine einfache, für Erwachsene und Jugendliche ausreichend genaue Schätzung des Depotfetts erwiesen.

So stellen SELTZER und MAYER 1965 (Lit. Nr. 167) - sich stützend auf die Untersuchungsergebnisse mehrerer nordamerikanischer Autoren (NOVAK, 1963, YOUNG, 1965) - eine Tabelle auf für 5 - 50-jährige, in den U.S.A. lebende Orientalen, in der für die jeweiligen Altersstufen die Minimum-Trizeps-Hautfaltendicken angegeben werden, die das Vorliegen einer Übergewichtigkeit anzeigen.

Bei Säuglingen und Kleinkindern wurde diese Methode bisher wenig angewandt, weil ihre Zuverlässigkeit für diese Altersgruppe noch als umstritten gilt.

Die subcutane Fettgewebsschicht ist an den verschiedenen Körperregionen verschieden dick. An vielen Stellen ist sie nur locker mit dem darunterliegenden Gewebe verbunden. Hier kann sie leicht als Falte abgehoben und die Dicke mit einem Caliper (besonders hierfür konstruierter Zirkel, s. u.) gemessen werden (BLOMQUIST et al., 1965).

Ein weiteres Verfahren zur Bestimmung des Depotfetts stellt die Messung des Gesamtkaliums dar, aus dem sich die fettfreie Körpermasse und - als Differenz von Gewicht und LBM - das Depotfett sehr genau bestimmen lassen. Diese Methode erfordert die kostspielige, und hinsichtlich der technischen Bedienung anspruchsvolle Einrichtung eines Ganzkörperzählers, so daß sie für die kinderärztliche Praxis nicht in Frage kommt.

Vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Depotfettbestimmung bei Säuglingen, Klein-, Vorschul- und Schulkindern bis zu 7 Jahren mittels Hautfaltenmessungen und mittels Bestimmung des Gesamtkaliums nach der ^{40}K-Methode und es werden Beziehungen zwischen den Werten aus den beiden Methoden hergestellt.

II. LITERATUR - ÜBERSICHT

A) DEPOTFETT-WERTE

Der prozentuelle Anteil des Depotfetts am Körpergewicht ist - in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht - großen Schwankungen unterworfen:

Tabelle 1: Depotfett-Werte beim Fötus (DOCUMENTA GEIGY, 1968, (Lit. Nr. 48)).

	Körpergewicht in kg	Fett als %-ueller Anteil vom Körpergewicht
Fötus	0,02	0,2 %
"	0,2	0,5 %
"	1,0	1,0 %
"	2,0	6,0 %
termingerecht Neugeborenes	3,5	16,0 %

Tabelle 2: Depotfett-Werte bei Kindern und Jugendlichen nach FRIIS-HANSEN, 1965

Alter (Jahre)	Fett (in % vom Körpergewicht)
1	29
2	25
3	24
6	22
9	20
12	18
18 männl.	15
18 weibl.	28

Tabelle 3: Depotfettwerte bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen nach ANDERSON, 1963

Alter (Jahre)	männl.	weibl.
10 - 13	19,4 %	24,4 %
14 - 17	7,9 %	22,8 %
18 - 22	13,6 %	30,7 %
22 - 29	19,1 %	33,8 %

Der Fötus ist praktisch fettfrei. Von der Geburt bis zum Ende des 1. Lebensjahres kommt es zu einer Zunahme des Depotfetts von 16 auf 29 %. Bis zur Pubertät wird dann eine kontinuierliche Abnahme beobachtet. Nach der Pubertät steigt das Depotfett wieder - jedoch bei beiden Geschlechtern in verschieden starkem Ausmaß - stetig an.

PARIZKOVA et al., 1971 fanden - mit der densitometrischen Methode - bei 20 - 21-jährigen Männern 11,1 %, bei 70 - 76-jährigen 19,8 % Depotfett.

Die Ergebnisse von CROOK et al., 1966 (^{40}K-Messungen) lauten:

18 - 26-jährige Männer:	17,7 % Depotfett
37 - 39-jährige Männer:	21,8 % Depotfett
40 - 65-jährige Männer:	26,1 % Depotfett

Bei mehreren Untsuchern lagen die Depotfett-Werte für junge Männer - ermittelt mit Hilfe der Dichte - zwischen 10,8 und 15,5 % vom Körpergewicht (BROZEK et al., 1951, DAMON et al., 1964, SLOAN, 1967, WILMORE et al., 1968, WILMORE et al., 1969, PASCALE et al., 1956).

Etwas ältere Männer hatten 18,7 % (HOWELL et al., 1962), durchschnittlich 49-jährige 21,3 % (BROZEK et al., 1951) und 70-jäh-

rige 29 % Depotfett (YOUNG et al., 1962). Bei jungen normalgewichtigen amerikanischen Frauen wurden durch Unterwasserwiegen 20,1 - 29 % Fett gefunden (SLOAN et al., 1962, YOUNG et al., 1961, YOUNG et al., 1962).

Eine Reihe von Untersuchungen dokumentieren die Geschlechtsdifferenzen bei den Depotfettwerten:
PETRASEK et al., 1965 fanden densitometrisch bei 15 - 20-jährigen männlichen Jugendlichen 19,4 %, bei weiblichen Personen gleichen Alters 32,4 % Fett; über 51-jährige Männer hatten 26,2 %, gleichaltrige Frauen 38,7 % Depotfett .

Bei 18 - 25-jährigen Japanern wurden mit Hilfe der Dichtemessung 11,5 %, bei gleichaltrigen Japanerinnen 19,9 % Fett gefunden (verglichen mit den Meßergebnissen an amerikanischen Personen gleichen Alters sind diese Werte niedrig (NAGAMINE et al., 1964).
In einer anderen Studie werden nach Unterwasserwiegen für 19-jährige Männer 12,7 % und für 19-jährige Frauen 23,4 % Fett als Durchschnittswerte angegeben (MACNAB et al., 1969).

Extremwerte:

fanden nach Unterwasserwiegen BEHNKE, 1963 mit 2,9 % und WIL-

MORE et al. 1972 mit 4,0 % bei mageren jungen Männern. Die höchsten Werte wurden von FORBES et al. 1961 nach ^{40}K-Messungen angegeben: Übergewichtige Männer hatten bis zu 48%, fettsüchtige Frauen bis zu 67% Depotfett.

B) DAS SOG. "INNERE FETT"

Es wurde versucht, das "innere Fett" nach folgender Formel zu bestimmen:

Depotfett - subcutanes Fett = "inneres Fett".

SKERLJ, BROZEK and HUNT stellten 1953 fest, daß bei Frauen zwischen 18 und 67 Jahren sowohl das subcutane wie das "innere Fett" mit fortschreitendem Alter zunahmen, letzteres jedoch in größerem Ausmaß. Das Verhältnis der beiden Größen zueinander änderte sich also mit dem Lebensalter (ALLEN et al., BUGYI, 1971).

Das gesamte subcutane Fett wurde von BUGYI 1971 berechnet, indem eine Hautfalte halbiert und davon 0,5 mm (röntgenologisch ermittelte Epidermisdicke) subtrahiert wurde. Das arithmetische Mittel vieler solcher über den ganzen Körper verteilter Messungen, dividiert durch $\frac{1000}{948}$ (spez. Gew. vom Fett $= \frac{948}{1000}$) u. mit

der Körperoberfläche multipliziert, ergab das Gewicht des gesamten subcutanen Fetts.

Nach den Angaben von MAYER von 1966 beträgt das gesamte subcutane Fett ungefähr 50 % des Depotfetts.

C. METHODEN ZUR BESTIMMUNG DES DEPOTFETTS

(KEYS u. BROZEK gaben 1953 einen Überblick)

1. Bestimmung der Dichte des Körpers

BEHNKE et al. wiesen 1942 auf den Zusammenhang zwischen dem spez. Gewicht und dem Fettgehalt des Körpers hin. Das spez. Gewicht des Fettgewebes beträgt ca. 0,9, das der LBM ungefähr 1,1; je höher der Fettanteil des Körpers, umso niedriger also sein spez. Gewicht.

Hierauf beruhen zahlreiche Bestimmungen des Depotfetts.

RATHBUN u. PACE stellten 1945 eine Conversionstabelle auf, in der für 50 verschiedene Werte des spez. Gewichts des Körpers - von 1,002 bis 1,1 - die dazugehörigen Depotfett-Prozente - von 49,3 % bis 0,0 % - angegeben werden.

Etwa seit Ende der 50er Jahre fußen diese Berechnungen - einer

physikalischen Überlegung folgend - nicht mehr auf dem spez. Gewicht ($\frac{\text{Gewicht}}{\text{Volumen}}$) sondern auf der Dichte ($\frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$).

BROZEK leitete 1966 anhand eines Modellkörpers ("reference body" = Mittelwerte aus drei analysierten männlichen Leichen) folgende Gleichung ab:

$$f = \frac{4.971}{D} - 4.519$$

f = Depotfett

D = Dichte des Körpers

Der Modellkörper hatte die Dichte von 1,064; die Dichte seiner LBM betrug 1,1.

Weitere Gleichungen zur Bestimmung des Depotfetts mit Hilfe der Dichte wurden entwickelt (BROZEK et al., 1963, PASCALE et al., 1956, SIRI, 1956 Lit. Nr. 171). Die genauesten Ergebnisse erhielt man bei Messungen an Personen derjenigen Altersstufen, an denen auch die Formeln entwickelt wurden. Auf die Fragwürdigkeit ihrer Anwendung auf Kinder wurde hingewiesen, da die LBM ihre Dichte während des Wachstums ändere und die genauen Werte für die Wachstumsperiode noch nicht bekannt seien (BROZEK, 1965, DURNIN et al., 1967, YOUNG, 1965).

Mehrere Verfahren zur Bestimmung des Körpervolumens (Dichte = $\frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$) wurden entwickelt. Am häufigsten wurde das Archimedische Prinzip (Unterwasserwiegen des Körpers) angewandt. Es ist überhaupt die am häufigsten benutzte Methode der Depotfettbestimmung.

Die Gewichtsbestimmung unter Wasser wird bei maximaler Expiration vorgenommen. Von diesem Wert muß das Residualvolumen abgezogen werden, das mit dem nitrogen-wash-out-Verfahren oder durch die Oxygen-Dilutionsmethode bestimmt wird (KEYS and BROZEK, 1953, WILMORE, 1969).

Da eine Mitarbeit der Versuchspersonen erforderlich ist, kann dieses Verfahren bei Säuglingen und Kleinkindern nicht angewandt werden.

LYNCH and WELLINGTON bestimmten 1963 durch Unterwasserwiegen das spez. Gewicht bei 20 lebenden Schweinen. Nach der Sektion der Tiere wurden Gesamtkörperwasser und Depotfett bestimmt. Es ergaben sich hohe Korrelations-Koeffizienten zwischen der Dichte und dem Depotfett einerseits und der Dichte und dem Gesamtkörperwasser andererseits.

Andere, seltener angewandte Methoden der Körpervolumenbestim-

mung nach dem Gasdilutionsprinzip, wurden 1956 (Lit. Nr. 172) von SIRI und 1969 von AKERS and BUSKIRK entwickelt.

Korrelationen zwischen Hautfalten-Dicken und der Dichte (bzw. dem spez. Gewicht)

Paralleluntersuchungen an Erwachsenen, Jugendlichen und Schulkindern ab 9 Jahren wurden von namhaften Autoren durchgeführt (BROZEK et al., 1951, DURNIN et al., 1967, MICHAEL et al., 1968, PARIZKOVA, 1961, PASCALE et al., 1956, YOUNG et al., 1961). r lag dabei zwischen 0,699 und 0,9749. Es wurden Gleichungen zur Bestimmung der Dichte aus der Hautfalten-Dicke für die betreffenden Alters- und Geschlechtsgruppen aufgestellt.

DURNIN and RAHAMAN entwickelten 1967 für 13-16- und 18-34-jährige Conversionstabellen zur Bestimmung des Depotfetts mit Hilfe der Summe von vier Hautfalten.
PARIZKOVA stellte 1961 und 1970 für Knaben und Mädchen von 9-12 und 13-16 Jahren Nomogramme auf, ebenfalls zur Ermittlung des Depotfetts und der Dichte aus zwei Hautfalten-Werten.

Untersuchungen weiterer Autoren - die Hautfalten-Messungen wurden dabei teilweise durch andere anthropometrische Messungen

ergänzt - zeigten für Erwachsene ebenfalls gute bis sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse; die Werte für r lagen zwischen 0,70 und 0,96 (ALLEN et al., 1956, BROZEK et al., 1951, BROZEK, 1952, DAMON et al., 1964, KATCH et al., 1968, MÖHR, 1969 Lit. Nr. 130, PASCALE et al., 1956, SLOAN et al., 1962, SLOAN et al., 197o, THOM, 1969, WILMORE et al., 1969, WILMORE et al., 1970 Lit. Nr. 198, YOUNG et al., 1962).

1969 fanden SHEPHARD et al. bei Knaben und Mädchen von 10 - 12 Jahren nur mäßig gute Übereinstimmung der densitometrisch und caliperimetrisch ermittelten Depotfettwerte: r = 0,48 bzw. 0,62.

2. Bestimmung des Gesamtkörperwassers

Dieses Verfahren beruht darauf, daß für eine bestimmte Altersstufe der Wassergehalt der fettfreien Körpermasse (LBM) konstant ist.

Tabelle 4: Der Wassergehalt der LBM (DOCUMENTA GEIGY, 1969)

	Körpergewicht in kg	Wassergehalt in %
Fötus	0,02	90
Fötus	2,0	84
termingerecht Neugeborene	3,5	82
Erwachsene	70,0	72

Der Wassergehalt der fettfreien Körpermasse nimmt entsprechend Tabelle 4 während des Wachstums ab. Nach 1963 durchgeführten Untersuchungen von HEALD et al. ist der Wert von 72 % bei Knaben mit 16 Jahren erreicht.

Zur Errechnung der LBM muß also beim Erwachsenen die ermittelte Gesamtwassermenge durch 0,72 dividiert werden. Das Gesamtwasser läßt sich nach dem Verdünnungsprinzip bestimmen: Einer nicht bekannten Flüssigkeitsmenge wird eine definierte Menge einer Testsubstanz zugesetzt. Aus der Konzentration der Testsubstanz kann die Flüssigkeitsmenge ermittelt werden:

$$\text{Verteilungsvolumen} = \frac{\text{Menge der Testsubstanz}}{\text{Konzentration der Testsubstanz}}$$

Als Testsubstanzen werden verwendet: Antipyrin (HUME, 1966), Deuteriumoxyd (MENDEZ et al., 1970, SCHLOERB et al., 1950)

oder Tritiumoxyd (BLUMENSTOCK, 1963, CARDUS et al., 1969, HOFFER et al., 1969, WOODWARD et al., 1956).

1962 bestimmten OWEN et al. bei Säuglingen, 1966 NOVAK bei 6 - 7-jährigen das Gesamtkörperwasser; für die Knaben wurden jeweils signifikant höhere Werte gefunden. Berechnungen des Depotfetts wurden von beiden Untersuchern nicht durchgeführt.

Da sich, entsprechend Tabelle 4, der Wassergehalt der LBM während des Wachstums ändert, und Untersuchungen hierüber bisher nur vereinzelt durchgeführt worden sind, ist diese Methode bei Kindern nicht genügend zuverlässig.

Korrelationen zwischen Hautfaltendicke und Hydrometrie

EDWARDS and WHITE fanden 1962 bei der Depotfettbestimmung an 31 Jugendlichen und Erwachsenen (14 - 76 Jahre) durch Gesamtkörperwasser- und Hautfaltenmessungen gute Übereinstimmung der Werte; r = 0,85 (FLETCHER, 1962, HEALD et al., 1963, NOVAK, 1966).

BROOK bestimmte 1971 bei 23 Kindern von 1 - 11 Jahren mit Hilfe von Deuteriumoxyd das Gesamtkörperwasser. Aus vier Hautfaltenwerten errechnete er nach der 1967 von DURNIN and RAHAMAN ent-

wickelten Gleichung für Knaben und Mädchen - die Dichte und aus ihr - nach der Gleichung von SIRI, 1956 Lit. Nr. 171 - das Depotfett. Bei der Gegenüberstellung der Werte für die fettfreie Körpermasse und für das Gesamtkörperwasser ergab sich für r 0,98. Nach diesen Erfahrungen hält BROOK die Calipermessung für eine für Kleinkinder geeignete Methode zur Depotfettbestimmung.

3. Bestimmung des Verteilungsvolumens fettlöslicher Testsubstanzen

Es handelt sich um ein technisch aufwendiges Verfahren, dem die Beobachtung zugrunde liegt, daß Cyclopropan in Fett 34 x besser löslich ist als in Wasser. Es wird aus einem geschlossenen System eingeatmet. Da hier die Fettmenge direkt bestimmt wird, ist diese Methode auch bei Störungen im Wasserhaushalt anwendbar. Versuche an Kindern wurden bisher noch nicht durchgeführt.

4. Die röntgen-histiometrische Methode

In weichen Röntgenaufnahmen (Röhrenspannung ca. 45 kV) werden Knochen, Muskulatur, Fettgewebe und Haut getrennt dargestellt. Die Breiten können ausgemessen werden.
Vorteil dieser Methode: Die Messung wird auf dem Röntgenbild dokumentiert. Nachteile: Bei wiederholten Messungen an mehreren Körperstellen zu hohe Strahlenbelastung; außerdem ist die Methode bei Reihenuntersuchungen kostspielig.
Seit etwa 1940 werden röntgenologische Messungen in der anthropometrischen Forschung bei Kindern und Erwachsenen regelmäßig angewandt (BAKER et al., 1958, BROZEK et al., 1958 Lit. Nr. 24, COMSTOCK et al., 1963, GARN, 1954, 1956, 1957, 1958, LUYKEN et al., 1969, REYNOLDS et al., 1948, STUART et al., 1940, STUART et al., 1946, TAKKI et al., 1965, TANNER, 1962).

Vergleich der Caliper-Messung und der Röntgenmethode

Es wurde beobachtet, daß unter standardisierten Bedingungen die röntgenologisch bestimmte Breite von Haut und subcutanem Fettgewebe am Trizepspunkt um 30 % größer ist als die Hälfte der mit dem Caliper gemessenen Hautfaltengröße. Der Unterschied wird auf die Kompression des Gewebes durch den Zirkeldruck zu-

rückgeführt (BUGYI, 1971, GARN et al., 1956, GARN,1961).

YOUNG et al. fanden 1963 (Lit. Nr. 205) ebenfalls den röntgenologisch ermittelten Wert größer als den halben Caliperwert. Es wird jedoch angegeben, daß das Verhältnis der beiden Werte zueinander für verschiedene Körperstellen verschieden sei (wechselnde Elastizität und damit wechselnde Komprimierbarkeit durch den Caliper).

Bei Vergleich der beiden Methoden an Erwachsenen errechneten BROZEK and MORI 1958 (Lit. Nr. 23) für r 0,82 (HEALD et al., 1963).

5. Ultraschallmessungen des subcutanen Fettgewebes

Ultraschallwellen (Wellen mit mindestens 20 kHz) werden an akustischen Grenzflächen teilweise reflektiert, so z. B. beim Übergang von Fettgewebe in Muskulatur. Die reflektierten Wellen lassen sich als Echo über Empfänger und Verstärker auf einem Leuchtschirm darstellen. Nach Eichung der Geräte kann die Fettgewebsdicke sehr genau abgelesen werden.
Nachdem TEMPLE und Mitarbeiter bereits 1956 an lebendem Vieh

die Fettgewebsdicke mit dieser Methode bestimmt hatten, führten PAERISCH und PAERISCH als Erste 1963 solche Messungen an Menschen durch.

BUGYI verglich 1971 an Knaben zwischen 6 und 16 Jahren die durch Ultraschallverfahren und röntgenologisch ermittelten Werte für die subcutane Fettgewebsbreite: Der Mittelwert der Differenz betrug nur 0,44 mm, zugunsten der Röntgenmethode.
1965 führten BULLEN, und 1962 WHITTINGHAM, ebenfalls Fettgewebsmessungen mit Ultraschallgeräten durch.

Das Ultraschallmeßverfahren hat sich als recht zuverlässige Methode bei Reihenuntersuchungen an Kindern s. u. bewährt; jedoch ist - abgesehen von dem hohen Preis des Geräts - eine längere Einarbeitungszeit der Untersucher nötig (MAASER, 1972).

Vergleich der Ultraschall- und Calipermethode

MAASER bestimmte 1972 bei 1200 Kindern zwischen 3 und 14 Jahren die Dicke des subcutanen Fettgewebes mit Ultraschall (Gerät der Fa. Krautkrämer Köln), führte Vergleiche mit Calipermessungen durch und stellte Tabellen für die verschiedenen Altersstufen

auf. Die durch Ultraschall ermittelten Werte betrugen 60 % der Caliperwerte statt der zu erwartenden 50 % (Deutung als Einfluß der Zirkelkompression).

Bei Doppel- und Mehrfachmessungen fand MAASER für Normalernährte bei der Ultraschall-Methode eine Standardabweichung (SD) von 1,1 % in mm, bei der Calipermessung 0,9 % in mm, also eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse.

Bei übererнährten Kindern betrug die SD bei der Ultraschall-Messung ebenfalls 1,1 % in mm, während sie für die Caliper-Messung mit 2,1 % in mm erheblich höher lag. Es ist dies eine bekannte Beobachtung bei Calipermessungen, da bei größerer Fettgewebsdicke das Abheben einer Hautfalte von der Muskelfaszie schwieriger ist; es wird dann - statt einer eindeutigen Falte - ein Fettwulst gemessen.

SLOAN errechnete 1967 bei der Untersuchung junger Männer für den Calipermeßwert und die Dichte etwa den gleichen r wie für den Ultraschallmeßwert und die Dichte (0,8 und 0,787).

Bei BOOTH und Mitarbeitern betrug 1966 r nach Anwendung beider Meßverfahren bei 16 - 87-jährigen 0,81.

6. Messung des ^{40}K zur Depotfettbestimmung

FORBES gibt 1956 an, daß der Kaliumgehalt der LBM bei Erwachsenen konstant 68,1 mval/kg beträgt. Man kann also die LBM errechnen, indem man die in mval angegebene Gesamtkaliummenge durch 68,1 dividiert.

1956 beobachteten WOODWARD et al. eine gute Korrelation des ^{40}K-Gehaltes des Körpers und der LBM (nach der Dilutionsmethode bestimmt).

ANDERSON and LANGHAM stellten 1959 ^{40}K-Messungen erstmalig im Rahmen einer Reihenuntersuchung an 1500 Personen von 1 - 79 Jahren an, wobei die Altersabhängigkeit der Gesamtkaliummenge aufgezeigt wurde.

1960 entwickelten ALLEN et al. Gleichungen zur Errechnung des Depotfetts aus dem ^{40}K-Gehalt des Körpers.

Weitere ^{40}K-Messungen im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Körperzusammensetzung wurden durchgeführt (ANDERSON, 1963, FORBES et al., 1963, MYHRE et al., 1966).

Die Beschreibung unserer Methode s. S. 57.

Vergleich der ^{40}K- und der Caliper-Methode,

(die beiden, in dieser Arbeit angewandten Meßverfahren):

STEINKAMP und Mitarb. prüften 1965 die Zuverlässigkeit anthropometrischer Meßmethoden zur Bestimmung des Depotfetts (u. a. Hautfaltenmessungen) durch parallellaufende Laboruntersuchungen (Unterwasserwiegen, Gesamtkörperwasser- und ^{40}K-Bestimmungen).

Eine gute Übereinstimmung (r = 0,80) der Depotfettwerte - ermittelt über Hautfalten- und ^{40}K-Messungen - ergaben die 1961 durchgeführten Untersuchungen von FORBES et al. Jedoch befindet sich unter den 30 Versuchspersonen von 7 - 44 Jahren nur eine geringe Anzahl von Kindern.

BARTER and FORBES fanden 1963 - beide Methoden vergleichend - bei 50 Männern und 38 Frauen für r 0,721 bzw. 0,434.

Ebenfalls nur an Erwachsenen (235 Männern) wurden von CROOK et al. 1966 vergleichende Depotfettbestimmungen mit ^{40}K- und Subscapularfalten-Messungen durchgeführt.

Eine sehr gute Übereinstimmung der Depotfettwerte ergab sich bei den Hautfaltenmessungen von FROMBERG 1969 undden parallel-

laufenden ^{40}K-Bestimmungen von KONRAD, 1968. Für die Meßergebnisse an 181 Knaben und Mädchen von 4 - 19 Jahren betrug r 0,91963.

Bei den von NOVAK et al. 1970 durchgeführten ^{40}K- und Hautfalten-Messungen an 64 1 Monate alten Säuglingen wurden die Depotfettwerte nicht bestimmt.

7. Depotfettbestimmung mittels Anthropometrie-Methoden

Hierzu gehören Höhen-, Gewichts-, Breiten-, Umfang- und Hautfaltenmessungen. The Committee on Nutritional Anthropometry gab 1956 einen Überblick über diese Methoden.

Tabelle 5: Folgende Maße wurden - fast nie vollständig - benutzt:

Umfang	Breite	Länge	Tiefe
Kopf	Schultern	Gesamtkörper	Brust
Schultern	Brust	Stamm	
Brust	Ellenbogen	Sitzhöhe	
Taille	Handgelenk	Kopf	
Hüften	Hand	Hand	
Oberarm	Knie		
Unterarm	Sprunggelenk		
Handgelenk	Distantia cristarum		
Oberschenkel	Distantia trochanterica		
Wade	Distantia zygomatica		
Sprunggelenk	Spannweite der ausgestreckten Arme		

HUME fand 1966 bei Bestimmung der LBM an 56 Erwachsenen zwischen 37 und 80 Jahren aus Höhe und Gewicht einerseits und aus dem Gesamtkörperwasser (Antipyrin) andererseits eine gute Übereinstimmung der Meßwerte: r = 0,96. Er stellte für Erwachsene Tabellen auf, mit deren Hilfe aus Höhe und Gewicht der dazugehörige Wert für die LBM abgelesen werden kann.

BEHNKE errechnete 1963 an Erwachsenen gut übereinstimmende LBM-Werte mit Hilfe von Gesamtkörperwasser-, Gewichts-, Umfang- und Breiten-Messungen und Unterwasserwiegen.

D) EINZELHEITEN ÜBER HAUTFALTENMESSUNGEN

1. Geschichtliches

Hautfaltenmessungen werden seit über 80 Jahren durchgeführt (RICKER, 1910).

MATIEGKA entwickelte 1921 eine Formel zur Bestimmung des Depotfetts mittels der Dicke von 6 Hautfalten:

Percentage body fat = 0,13 · surface area · 0,5 (average skinfold thickness at 6 sites) ·

Einen wesentlichen Fortschritt machte die Prüfung dieser Methode hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit jedoch erst in den letzten Jahrzehnten, seit in Paralleluntersuchungen mit exakten physikalischen und chemischen Methoden (Densitometrie, Röntgen, Hydrometrie, ^{40}K- und Ultraschall-Messungen) das Depotfett bestimmt werden kann.

2. Meßmethoden

a) Zirkelmodelle

1929 entwickelte FRANZEN als erster einen Caliper mit konstantem Druck bei verschiedenen Öffnungsweiten, wodurch erst exakte vergleichende Messungen der Hautfaltendicken ermöglicht wurden (zit. nach DAMON, 1965).
Die drei heute gebräuchlichsten Zirkel sind der Harpenden-Caliper, der Lange-Caliper und der USAMRNL-Caliper.

Der Harpenden - Caliper:

(British Indicators LTd.) wurde von EDWARDS et al. 1955 entworfen und wird vorzugsweise in England benutzt.

Druck: 10 g/mm ^{2} , konstant über eine Öffnung von 2 - 40 mm,
Meßfläche: 90 mm ^{2}

Der Lange - Caliper:

- auch Minnesota-Typ bezeichnet - (Cambridge Scientific Industries, Maryland) wurde 1961 von LANGE and BROZEK entworfen und findet überwiegend in den Vereinigten Staaten Verwendung.
Druck: 10 g / mm ^{2}, konstant über eine Öffnung von 2 - 40 mm,
Meßfläche: 35 mm ^{2}

Der USAMRNL - Caliper, od. MNL - Caliper:

(US Army Medical Research Nutrition Laboratory, Chicago, Ill. USA) wurde 1954 von BEST beschrieben.
Druck: 10 g / mm ^{2}, konstant über eine Öffnung von 2 - 40 mm,
Meßfläche: 19,6 mm ^{2}

Erst ab 1956 besteht, auf eine Anregung des Committee on Nutritional Anthropometry hin nach internationalem Übereinkommen eine Standardisierung der verschiedenen Caliper-Modelle hinsichtlich des von ihnen ausgeübten Druckes, (10 g/mm^2, konstant über eine

Öffnung von 2 - 40 mm). Erst von diesem Zeitpunkt an lassen sich exakte Vergleiche der Meßergebnisse von Autoren, die verschiedene Zirkel-Modelle benutzten, vornehmen.

Zu einer Angleichung hinsichtlich der Größe und Form der Meßfläche ist es bis heute noch nicht gekommen. Sie wurde 1969 von THOM empfohlen, der bei Verwendung verschiedener Caliper-Modelle geringfügige Differenzen der Meßergebnisse feststellte: Verglichen mit röntgenologischen Messungen der subcutanen Fettgewebsschicht wuchs die Genauigkeit der Ergebnisse mit der Größe der Zirkelmeßflächen, so daß der Harpenden-Caliper die genauesten Werte lieferte.

b) Ein Spezialkleid für Hautfaltenmessungen

FRY beschrieb 1959 ein Gewand, das für junge Mädchen entworfen worden war, die sich der Hautfaltenmessung u. U. aus Prüderie entziehen würden.
Der schlichte Überwurf, auf der Vorderseite in Höhe der Taille, mit einem horizontalen, auf der Rückseite im Bereich des Angu-

lus inferior Scapulae mit einem verticalen Schlitz versehen, durch den hindurch die Hautfalte an der entsprechenden Stelle gemessen werden soll, erscheint heutzutage als Curiosum.

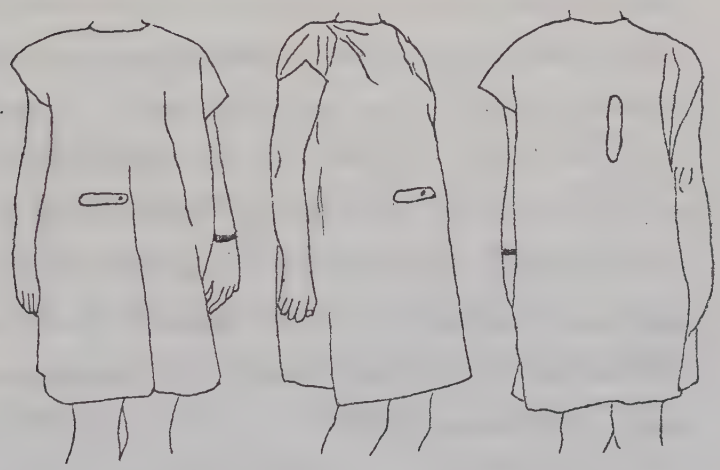


Abb. 1: Spezialkleid für Hautfaltenmessung (FRY, 1959)

c) Meßtechniken

Daumen und Zeigefinger der linken Hand heben die Haut mit dem subcutanen Fettgewebe während der ganzen Dauer der Zirkelmes-

sung in Form einer Falte fest von den darunterliegenden Gewebsschichten ab, 1 cm entfernt von der zu messenden Stelle. Die beiden Seitenflächen der Falte sollen parallel verlaufen. An der Meßstelle darf nur der Druck des Zirkels auf die Hautfalten einwirken, nicht der Druck der Finger des Untersuchers. Eine Hautfalte kann nur da gemessen werden, wo Haut und subcutanes Fettgewebe richtig in Form einer Falte abgehoben werden können, wo sie also nicht fest mit den tieferen Gewebsschichten verbunden sind. Da die Dicke des subcutanen Fettgewebes nur über eine begrenzte Fläche hin konstant ist, muß die Meßstelle mit besonderer Sorgfalt aufgesucht werden (mit Bandmaß abmessen und mit Stift markieren) (Committee on Nutritional Anthropometry, 1956, TANNER and WHITEHOUSE, 1962).

Diese Methode, mit einer - und zwar der linken Hand - die Hautfalte abzuheben, wurde von der überwiegenden Mehrzahl der Untersucher angewandt.

Die Hautfalten werden jedoch gelegentlich auch mit beiden Händen eines Assistenten abgehoben. DAMON, der 1965 beide Methoden an 121 Männern verglich, beobachtete, daß die mit einer Hand abgehobenen Falten signifikant größere Meßwerte aufwiesen als jene, bei denen beide Hände benutzt worden waren, (durchschnittliche

Differenz für die Trizeps - Hautfalten = 0,68 mm, für die Subscapular - Falten = 0,63 mm. Erklärung: Die Falten werden bei dieser Meßmethode stärker zusammengepreßt).

d) Meßstellen

In England wird bei Hautfalten-Messungen die linke, in den USA die rechte Körperseite bevorzugt. Auch hier wurden signifikante Differenzen der Meßergebnisse festgestellt, und zwar waren nach den 1967 von MERROW gemachten Angaben die rechtsseitigen Trizepsfalten um 0,68 - 0,8 mm, nach der Veröffentlichung von DAMON von 1965 um 1,21 mm größer, die rechtsseitigen Subscapularfalten um 0,57 mm kleiner als die linksseitigen, so daß es auch hier angebracht erscheint, sich international auf eine bestimmte Körperhälfte festzulegen.

In früheren Jahren wurden Hautfalten oft in großer Anzahl an den verschiedensten Körperstellen gemessen, im Extremfall 53 Messungen pro Person (EDWARDS, 1954). Außer den von uns benutzten Stellen seien noch erwähnt: Wange, Kinn, Hals, Nacken, Gesäß und Wade.

Sie wurden häufig kombiniert mit anderen anthropometrischen Messungen, die etwas sowohl über das Skelettsystem als auch über die Muskulatur und Fettansammlung aussagten (verschiedene Durchmesser und Umfänge: Schulter, Brust, Becken, Extremitäten).

Die Summe von 6 Hautfalten (Brust, axillar, Trizeps, Abdomen, suprailiacal, Oberschenkel vorn) wird vom Committee on Nutritional Anthropometry 1956 angegeben als: Total skinfold fat index (TFI).

Nach vielen Untersuchungen zeigte sich, welche Hautfalten im Verhältnis zum Depotfett am aussagekräftigsten sind: TANNER and WHITEHOUSE empfehlen 1962 eine Falte am Körperstamm (die Subscapularfalte) und eine Extremitätenfalte (über dem Trizeps) zu messen; oder nach neueren Empfehlungen von TANNER für das International Biological Program (I.B.P.) 3 Hautfalten: Über dem Trizeps, subscapular und suprailiacal (zit. nach SHEPHARD et al., 1969).

Das Expert Committee on Medical Assessment of Nutritional Status der WHO gibt 1963 lediglich die Trizepsfalte an. Andere Autoren vertreten nach ihren Beobachtungen die Ansicht, daß die Trizeps-Hautfalte allein kein ausreichender Repräsen-

tant für das Depotfett ist, da sie sich während des Wachstums kaum vergrößere (PARIZKOVA, 1963, PETT et al., 1956, SHEPHARD et al., 1969, YOUNG et al., 1963 Lit. Nr. 204).
GARN et al. empfehlen 1971 nach vergleichenden Trizeps- und Subscapularfaltenmessungen an 359 Erwachsenen und 1099 Kindern die Subscapularfalte allein zu verwenden.

3. Standardwerte für das subcutane Fettgewebe

HAMMOND stellte 1955 an 4500 englischen Kindern Standardwerte für Knaben von2-20 und Mädchen von 2 - 15 Jahren auf (Trizeps-, Bizeps-, Subscapular-, Suprailiacal-, Subcostal- und Abdominal-Hautfalten).
1956 wurde von PETT and OGILVIE "The Canadian Weight-Height Survey" veröffentlicht, der 1953 an 18000 Kanadiern französischen Ursprungs von 2 bis über 65 Jahre ermittelte Standardwerte für Höhe, Gewicht und die Trizeps-Hautfalte enthielt. Dabei ist auffällig, daß diese Werte für Kinder deutlich niedriger sind als die für Europa und die USA ermittelten Standardwerte.
1957 erschienen von PETT and OGILVIE 1953 ermittelte Normwerte für die Anglo-Kanadier.

1959 ermittelten TANNER and WHITEHOUSE an 25000 Kindern Standardwerte für die Trizeps- und Subscapular-Hautfalten englischer Kinder von 1 Monat bis 16 1/2 Jahre (TANNER and WHITEHOUSE, 1962).

Andere Normwerte kommen aus Nordamerika: Michigan für 3 - 80 Jahre (MONTOY et al., 1965); Cincinnati Ohio für 6 - 17 Jahre (RAUH et al., 1968); Texas für 6 - 12 Jahre (CORBIN, 1969); aus China für 6 - 18 Jahre (FRY et al., 1965); und aus Formosa für 1 Monat - 6 Jahre (SHIH, 1967).

GRIMM stellte 1970 für die Trizeps- und Subscapular-Hautfaltendicke bei Kindern und Jugendlichen in der DDR Standardwerte auf, von 1962 - 1967 ermittelt an über 5000 Jungen und Mädchen von 6 - 18 Jahren; (MÖHR, 1967).

1970/71 erarbeiteten MAASER und Mitarb. im Raum Dortmund an 3407 Kindern von 2 - 14 Jahren aus allen sozialen Schichten Standardwerte für die Trizeps-, Subscapular- und Suprailiacal-Hautfalten (MAASER et al., 1972). Die Mediane der Trizeps-Hautfalten der Westdeutschen Kinder lagen in dieser Studie niedriger als diejenigen der DDR, s. o., und höher als die älteren Werte für Kanada (PETT et al., 1956), England und die

USA - hier mit Ausnahme der Lebensjahre 9 1/2 - 11 1/2 (GRIMM, 1970, PETT et al., 1956, RAUH et al., 1968, TANNER et al., 1962).

1972 veröffentlichten JENICEK and DEMIRJIAN 1969/70 an über 5000 kanadischen Schulkindern französischen Ursprungs von 6 - 17 Jahren ermittelte Hautfaltenwerte (Trizeps- und Subscapularfalte), die höher lagen als die 1956 von PETT and OGILVIE angegebenen Werte. Darüberhinaus lagen die Subscapular-Hautfaltenwerte der jüngsten kanadischen Untersuchung auch deutlich höher als die von TANNER and WHITEHOUSE 1962 für englische Kinder veröffentlichten Werte, während die Trizeps-Hautfaltendicken vergleichbare Größen aufwiesen. Die Fettverteilungsmuster waren also verschieden.

4. Hautfaltendicken in Kindheit und Jugend

TANNER and WHITEHOUSE geben 1962 in ihren Standardwerten ein Ansteigen der Kurven (Hautfaltendicke pro Lebensalter) vom Ende des 1.- bis zum 9. - 12. Lebensmonat an, wobei sich noch keine Geschlechtsdifferenzen abzeichnen. 1956 von GARN und 1963 von LISKOVA et al. gemachte Beobachtungen stimmen in etwa

damit überein. Geringe Unterschiede hierzu zeigten die Hautfalten-Verlaufskurven von Kindern aus Formosa (SHIH, 1967). Geschlechtsdifferenzen treten bei den Kurven nach TANNER etwa mit Beginn des 2. Lebensjahres auf, dergestalt, daß die Hautfaltenabnahme, die sich bei den Knaben bis zum 8., bei den Mädchen bis zum 7. Lebensjahr hinzieht, bei diesen von Anfang an geringer ist.

Vom 8. Lebensjahr an steigt dann die Kurve für die Trizeps-Hautfalten der Knaben wieder an bis zu einem Höhepunkt bei 12-12 1/2 Jahren ("pre - adolescent fat wave"). Hierauf folgt ein kontinuierlicher Abfall der Kurve bis zum Ende der Studie bei 16 1/2 Jahren. PETT and OGILVIE gaben 1956 für Knaben einen ähnlichen Kurvenverlauf an mit einer Spitze bei 11 Jahren (für die 50-Perzentilen).

Auch die Subscapularfalte steigt nach TANNER vom 8. Lebensjahr an wieder, zeigt bei 11 - 12 Jahren eine leichte Plateaubildung, um danach weiter anzusteigen.

Die Kurve der Trizeps-Hautfalten steigt bei TANNER für die Mädchen vom 7. bis 8. Jahr an wieder, zeigt von 10 1/2 bis 12 Jahren eine leichte Plateau-Bildung, wonach sie - im Gegensatz zur Kurve für die Knaben - weiter ansteigt. Die Subscapularfal-

te hat bei den Mädchen ihren tiefsten Punkt bei 6 - 7 Jahren, um danach gleichmäßig anzusteigen.

Wie auch von andern Untersuchern beobachtet, ließen die Hautfaltenwerte bei TANNER für die jeweiligen Altersstufen keine Gaus'sche Kurve (keine Normalverteilung) erkennen (EDWARDS et al., 1955, MAASER et al., 1972, MALINA, 1966, RAUH et al., 1968, SHEPHARD et al., 1969).

5. Geschlechtsbedingte Unterschiede der Hautfaltendicke

Während bei den 1962 von TANNER and WHITEHOUSE und 1970 von NOVAK et al. beschriebenen Messungen die Verlaufskurven der Hautfalten für Knaben und Mädchen im 1. Lebensjahr einander entsprechen, beobachteten andere Autoren - jedoch immer nur für eine geringere Anzahl von Säuglingen - Geschlechtsunterschiede von Geburt bzw. vom vollendeten 1. Monat an, und zwar waren stets die Hautfalten-Werte für Mädchen größer als für Knaben (FARR, 1966, LISKOVA et al., 1963, OWEN et al., 1966, PARIZKOVA, 1963, ROBSON et al., 1971). Diese Beobachtungen wurden 1948 von REYNOLDS and GROTE und 1958 von GARN bei röntgenologischen Messungen der Unterhautfettgewebsdicke ebenfalls gemacht.

Vereinzelt wurde auch festgestellt, daß sich bis zur Pubertät keine Geschlechtsunterschiede zeigten (EDWARDS, 1954).

PARIZKOVA vertritt die Ansicht, daß Geschlechtsunterschiede schon im 1. Lebensjahrzehnt bestehen, sie jedoch erst während und nach der Pubertät bedeutsame Ausmaße zeigen (PARIZKOVA 1960, 1963).

Die Geschlechtsabhängigkeit der Hautfaltenwerte von der Pubertät an wird von nahezu allen Untersuchern beschrieben, so daß es sich erübrigt, hier einzelne zu zitieren. Erwähnt sei nur die Studie von MÖHR, der seine Hautfaltenmessungen an ca. 1000 Personen speziell unter dem Aspekt des Geschlechtsdimorphismus vornahm (MÖHR, 1969 Lit. Nr. 131).

6. Schwierigkeiten bei Hautfaltenmessungen und -beurteilungen bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern

Das Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics weist 1968 darauf hin, daß sowohl die Kompressibilität der Hautfalten - unter anderem abhängig vom in der ersten Lebenszeit stark sich ändernden Wassergehalt des subcutanen Fettge-

webes, aber auch von einer von BROZEK and KINZEY 1960 beschriebenen, altersabhängigen Elastizität - als auch das Fettverteilungsmuster in der Kindheit noch nicht genügend untersucht sind, so daß Meßergebnisse nur mit Vorbehalt interpretiert werden können, etwa bei,in zeitlichen Abständen vorgenommenen, vergleichenden Messungen an einem Kind.

Für die Neugeborenenperiode liegen nur einzelne Beobachtungen vor. Auf spezielle Schwierigkeiten wird hingewiesen: VINCENT and HUGON stellten 1962 in den ersten Lebenstagen ein Abnehmen der Hautfaltendicke um einige Zehntel mm pro Tag fest. Weiter wird von großen Diskrepanzen bei Wiederholungsmessungen an Neugeborenen berichtet (WOLLWEBER, 1972).

Indessen - mit Hautfaltenmessungen vom Beginn des 2. Lebensmonats an befassen sich bereits eine größere Anzahl von Autoren (FARR, 1966, LISKOVA et al., 1963, NOVAK et al., 1970, PARIZKOVA, 1963, REYNOLDS et al., 1948, ROBSON et al., 1971, SHIH, 1967). Es liegen für diesen Altersbereich ja auch für die englischen Kinder bereits die Standardwerte von TANNER vor.

Es handelt sich jedoch bei allen Untersuchungen nur um vergleichende Messungen des Ernährungszustandes. Absolutwerte

für das Depotfett wurden nicht ermittelt.

7. Geographische, ethnische und rassische Einflüsse

Die rassischen Unterschiede der Hautfaltendicken fielen in erster Linie bei Untersuchungen in den Entwicklungsländern, aber auch an der rassenreichen Bevölkerung der USA auf. Es wurden Vergleiche der Hautfalten äthiopischer Kinder mit den britischen Standardwerten nach HAMMOND von 1955 und TANNER and WHITEHOUSE von 1962 angestellt (EKSMYR, 1970, EKSMYR, 1971, EKSMYR et al., 1971, HOFVANDER et al., 1971 Lit. Nr. 94).

Zahlreiche Autoren befaßten sich mit den Unterschieden der Hautfaltenwerte bei Schwarzen und Weißen (CLOUD, 1967, HAMPTON et al., 1966, MALINA, 1966, MALINA, 1972, NEWMAN, 1956, PISCOPO, 1962, ROBSON, 1964, ROBSON et al., 1971, STINE et al., 1967).

Kinder aus asiatischen Ländern wiesen stets Hautfaltengrößen auf, die unter den britischen Standardwerten lagen (FRY et al., 1965, FRY et al., 1968, SHIH, 1967, WADSWORTH et al., 1960).

Vergleichende Untersuchungen an Bevölkerungsgruppen verschiedener Rassen wurden 1968 von CHRISTAKIS und Mitarb. in New York, ebenfalls 1968 von RAUH and SCHUMSKY in Cincinnati und 1970 von SMITH et al. in Hawaii durchgeführt.

Mit geographisch bedingten Unterschieden der Hautfaltenwerte befaßten sich 1963 ELSNER und 1967 MERROW.
MAASER und Mitarbeiter stellten 1972 Vergleiche an zwischen ihren Werten für die Bundesrepublik und den Standardwerten, veröffentlicht 1970 von GRIMM für die DDR, 1968 von RAUH et al. für die USA, 1962 für England von TANNER et al. und 1956 von PETT et al. für Kanada.

Beim Gegenüberstellen der Hautfaltengrößen Berliner Kinder mit denen gleichaltriger aus Karl-Marx-Stadt lagen die Berliner Werte stets höher (GRIMM, 1966, Lit. Nr. 84, FELGENTREU, 1966).

8. Hautfalten-Messungen in den Entwicklungsländern

Sie werden vorgenommen zur Beurteilung des Ernährungszustandes vor und nach Hilfsmaßnahmen. Es handelt sich hier um den

sicher wichtigsten Anwendungsbereich der Hautfaltenmessungen, denn hier geht es ja darum, mit möglichst geringem personellen und technischen Aufwand im Rahmen großer Reihenuntersuchungen relativ genaue Ergebnisse zu erhalten und besonders ernährungsgeschädigte Kinder (Protein-Calorie Malnutrition = P.C.M., Marasmus und Kwashiorkor) zu ermitteln.

JELLIFFE et al. weisen 1971 auf die Bedeutung altersunabhängiger Messungen hin, da das genaue Alter der Kinder oft nicht bekannt ist. DUGDALE stellte 1971 ein altersunabhängiges Nomogramm für 1-5-jährige Kinder zur Beurteilung des Ernährungszustandes auf, bei dessen Ausarbeitung auch die Trizeps-Hautfaltendicke Berücksichtigung fand.

Eine Fachkommission der WHO erarbeitete 1966, unter dem Vorsitz von JELLIFFE, eine einfache Methode zur Beurteilung der Muskulatur: Aus der MUAC = mid upper arm circumference (gemessen mit dem Bandmaß am linken Oberarm in Höhe des Trizepspunktes) und der Trizeps-Hautfaltendicke wird die MUAMC = mid upper arm muscle circumference errechnet nach der Formel:

$$\text{MUAMC} = \text{MUAC} - \pi \cdot \text{Trizeps - Hautfaltendicke}$$

JELLIFFE stellte 1966 Standardwerte für MUAC und MUAMC auf,

siehe auch (JELLIFFE et al., 1969, ROBINOW et al., 1966)

Anthropometrische Messungen - einschließlich Caliper-Messungen - an Säuglingen, Klein-, Schulkindern und Erwachsenen wurden durchgeführt in New Guinea 1963 von JANSEN und 1970 von MALCOLM, in Kapstadt 1970 von KEET et al., in Äthiopien 1971 von HOFVANDER et al., Lit. Nr. 93, in Malaysia 1970 von DUGDALE et al., von FRISANCHO et al. 1971 in Honduras, 1970 von VISWESWARA et al., in Hyderabad, und 1969 von FERNANDEZ et al. in Puerto Rico.

9. Hautfaltenwerte in Abhängigkeit vom Lebensstandard

Hier sind die Untersuchungen von ARESKOG et al. von 1969 und CRISPIN u. Mitarb. von 1968 anzuführen, die Vergleiche der Hautfaltendicken an Personen aus gehobenen und einfachen sozialen Kreisen anstellen.

10. Hautfaltenmessungen im Zusammenhang mit sportlicher Betätigung

Hautfaltenmessungen wurden häufig vor und nach Trainingspro-

grammen durchgeführt, um deren Einfluß auf Körpergewicht und -zusammensetzung zu studieren. Meist handelte es sich um ein leichtes Kreislauftraining, z. B. Dauerlauf, das - je nach Programm - 2 bis 4 mal pro Woche, 10 Wochen bis 2 Jahre lang durchgeführt wurde. Teilnehmer waren Schüler, Studenten oder Erwachsene bis zu ca. 60 Jahren. Sie waren angehalten, im übrigen ihre Lebensgewohnheiten, speziell ihre Eßgewohnheiten, beizubehalten. Nicht am Training teilnehmende, gleichaltrige Kontrollgruppen wurden ebenfalls untersucht.
Es zeigte sich nach Ablauf der Trainingszeit eine Abnahme des Gewichts. Dabei war die Abnahme des Depotfetts im Verhältnis größer als die Abnahme der LBM, was sich in einer Zunahme der Dichte ausdrückte. Die Hautfaltenwerte verringerten sich ebenfalls (BLOMQUIST et al., 1965, CARTER et al., 1969, MOODY et al., 1969, OSCAI et al., 1968, POLLOCK et al., 1971, WILMORE et al., 1970 Lit. Nr. 196, WILMORE et al., 1970 Lit. Nr. 197). Weitere Untersuchungen über die Beeinflussung der Hautfaltendicken durch sportliche Betätigung liegen vor (COSTILL et al., 1970, JOKL, 1964, THOMPSON et al., 1956, THOMPSON, 1959, YUHASZ, 1962).

GRIMM untersuchte 1966 (Lit. Nr. 83) und 1968 den Zusammenhang zwischen Hautfaltendicke und den schulturnerischen Leistungen

an über 1800 Schülern und Schülerinnen der DDR: Dabei zeigten - abgesehen von einer geringen Anzahl von Kindern mit niedrigsten Hautfalten-Werten infolge unzureichender Ernährung oder Krankheit - die Schüler mit geringer Ausbildung des subcutanen Fettgewebes signifikant bessere turnerische Leistungen als diejenigen, die größere Hautfalten-Werte aufwiesen ("inaktive Masse") (KIREILIS et al., 1947).

11. Hautfaltenzu- bzw. -abnahme zur Beurteilung von Abmagerungskuren und verschiedenen Ernährungsformen

Nach Entfettungskuren durch Reduktion der Kalorienzufuhr bei Übergewichtigen Erwachsenen von 18 bis 52 Jahren kam es zu einer Abnahme von Körpergewicht, Depotfett, Hautfaltengrößen und zu einer Zunahme der Dichte (Unterwasserwiegen). Das qualitative Ergebnis entspricht also dem nach Durchführung eines längeren sportlichen Trainings (KRZYWICKI et al., 1968, YOUNG et al., 1965, 1971).

FABRY et al. untersuchten 1966 durch vergleichende Hautfaltenmessungen bei 226 Internatsschülern im Abstand von einem Jahr den Einfluß der Anzahl von Mahlzeiten auf die Fettzunahme. Da-

bei zeigten die Kinder mit nur drei täglichen Mahlzeiten - entgegen der landläufigen Ansicht - größere Hautfalten-Zunahme als jene mit häufigeren kleinen Imbissen.

Zwei verschiedene Diätformen (reine Reis-Kost und Weizen-Reis-Mischkost) wurden an Hand der Hautfaltenentwicklung, Gewichts- und Längenzunahme in der Zeit von 9 Monaten an 288 chinesischen Waisenkindern untersucht (FRY et al., 1968).

12. Hautfaltenmessungen und Plama-Lipide bzw. - Cholesterin

CLARKE und Mitarb. stellten 1970 bei 885 männlichen und weiblichen Jugendlichen von 12 bis 18 Jahren eine signifikant hohe Korrelation zwischen der Höhe der Serumlipide und den Hautfalten-Dicken fest. Entsprechende Beobachtungen machten 1971 ALBRINK and MEIGS an Männern aus den USA und Cape Verde, während sie 1964 bei ähnlichen Untersuchungen keine oder nur geringe Korrelationen zwischen der Hautfaltendicke und den Serum-Lipiden und der Hautfaltendicke und dem Blutzucker gefunden hatten. (APPENZELLER et al., 1964).

III. AUFGABESTELLUNG VORLIEGENDER ARBEIT

Es sollte untersucht werden, wieweit die Werte für das Depotfett, bestimmt mit Hilfe des Gesamtkaliums (^{40}K-Messungen im "baby counter") korreliert werden können mit den aus der Dicke von 9 Hautfalten (Zirkelmessung) errechneten Depotfettwerten, wobei in schrittweiser Regressionsanalyse die für die Depotfettbestimmung signifikantesten Hautfalten ermittelt und in Regressionsgleichungen einbezogen werden sollten.

IV. VERSUCHSPERSONEN

Die Untersuchungen wurden im Sommer 1972 an 130 Kindern (72 Knaben und 58 Mädchen) im Alter von 2 Monaten bis 7 Jahren durchgeführt, die sich unter verschiedenen Diagnosen stationär in der Universitäts-Kinderklinik Homburg/Saar befanden.

Kinder, bei denen Krankheitsbilder, diagnostische oder therapeutische Maßnahmen die Untersuchungsergebnisse deutlich beeinflußt hätten, wurden von den Messungen ausgenommen (Oedeme, Exsikkosen, Radiojodteste, Szintigramme, Tumorbestrahlungen etc.).

A) Einteilung in 7 Untersuchungsgruppen

Gruppe A:

36 Knaben von 2 - 15 Monate

Gruppe B:

36 Knaben von 15 Monaten - 7 Jahre

Gruppe C:

21 Mädchen von 2 - 15 Monaten

Gruppe D:

37 Mädchen von 15 Monaten - 7 Jahre

Gruppe E:

alle 72 Knaben von 2 Monaten - 7 Jahre

Gruppe F:

alle 58 Mädchen von 2 Monaten - 7 Jahre

Gruppe G:

alle 130 Knaben und Mädchen von 2 Monaten - 7 Jahre

B) Einordnung in die Längen- bzw. Gewichts-Perzentile von MEREDITH

Hierbei wiesen die von uns untersuchten 130 Kinder niedrigere Durchschnittswerte auf, wobei die Anzahl der unter P_{50} gelegenen Werte bei den Gewichtsperzentilen größer war als bei den Längenperzentilen (MEREDITH, 1969).

Die von uns untersuchten Kinder sind also kleiner und leichter als sie - verglichen mit den Normwerten von MEREDITH - sein müßten, wobei die Anzahl derjenigen, die gewichtsmäßig unter der Norm liegen, größer ist, als die Anzahl der nach MEREDITH zu kleinen Kinder.

Tabelle 6: Einordnung der Versuchspersonen in die Längen- bzw. Gewichts-Perzentile nach MEREDITH, 1969

		$<P_3$	$P_3 - P_{10}$	$P_{10}-P_{25}$	$P_{25}-P_{50}$	$P_{50}-P_{75}$	$P_{75}-P_{90}$	$P_{90}-P_{97}$	$>P_{97}$	$<P_{50}$	$>P_{50}$
Gewichts-Perzentile											
Knaben:	72										
Ist-Wert		16	8,5	10,5	12	20	1	3	1	47	25
Erwartungs-Wert		2,16	5,04	10,8	18	18	10,8	5,04	2,16	36	36
Mädchen:	58										
Ist-Wert		8,5	7,5	14	15,5	11,5	0	1	0	45,5	12,5
Erwartungswert		1,74	4,06	8,7	14,5	14,5	8,7	4,06	1,74	29	29
Längen-Perzentile											
Knaben:	72										
Ist-Wert		12,5	2,5	13,5	13	14,5	8	6,5	1,5	41,5	30,5
Erwartungs-Wert		2,16	5,05	10,8	18	18	10,8	5,04	2,16	36	36
Mädchen:	58										
Ist-Wert		10	3	8	12	11,5	9,5	2	2	33	25
Erwartungswert		1,74	4,06	8,7	14,5	14,5	8,7	4,06	1.74	29	29

V. METHODEN

A) Hautfaltenmessungen

(Vergl. S. 26 - 33)

Wir führten eine Anzahl von Parallelmessungen mit dem Harpenden- und dem Lange-Caliper durch, konnten jedoch keine eindeutigen Differenzen der Meßergebnisse feststellen. Wir entschieden uns für den Harpenden-Caliper, da er nach übereinstimmenden Angaben vieler Kinder, die mit beiden Geräten bei verbundenen Augen gemessen worden waren, geringere Mißempfindungen hervorrief. Darüberhinaus gaben wir ihm wegen seiner größeren Ablesegenauigkeit (0,2 mm) den Vorzug (Lange-Caliper: 0,5 mm).

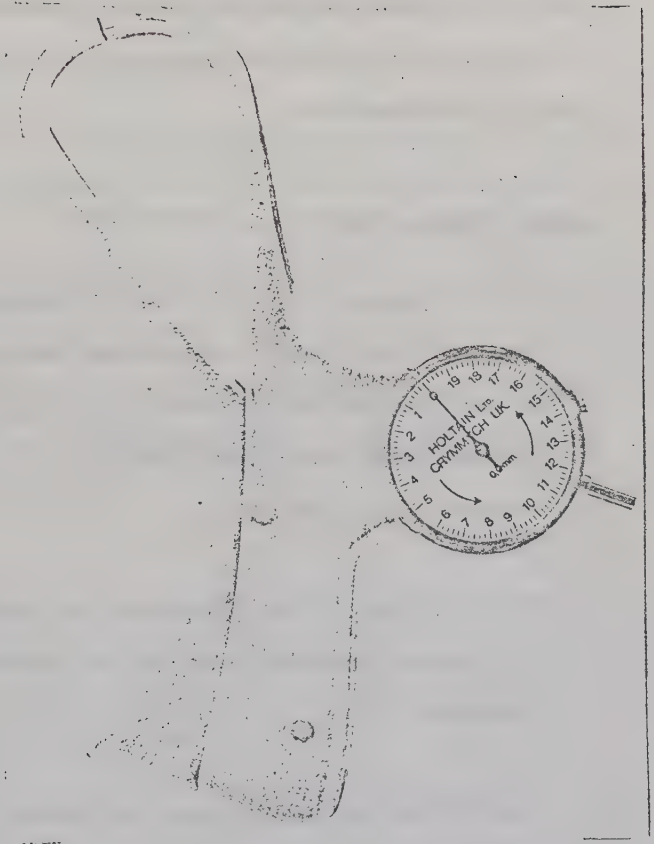


Abb. 2: Harpenden - Caliper

Unsere Messungen wurden mit dem Harpenden-Caliper auf der rechten Körperhälfte durchgeführt, indem mit der linken Hand die Hautfalte abgehoben wurde.

Unsere 9 Meßstellen waren: (JANSEN, 1963)

1. Über dem Trizeps auf der Rückseite des Oberarms, auf der Mitte der Verbindungslinie der Spitze des Acromion scapulae mit dem Olecranon. Diese Stelle wurde aufgesucht bei im Ellenbogengelenk rechtwinklig gebeugtem, im Schultergelenk locker herabhängendem Oberarm.

2. Über dem Bizeps auf der Vorderseite des Oberarms in der Mitte zwischen dem höchsten Punkt der Schulter und der Ellenbeuge.

3. Unterhalb der Scapula-Spitze in einem Winkel von ca. 45 ° zur Wirbelsäule (etwa entsprechend den Spaltlinien der Haut) bei entspannt stehenden Versuchspersonen.

4. 2 cm unterhalb der Clavicula in der Medio-Clavicularlinie

5. In der Medio-Axillarlinie über der 10. Rippe,

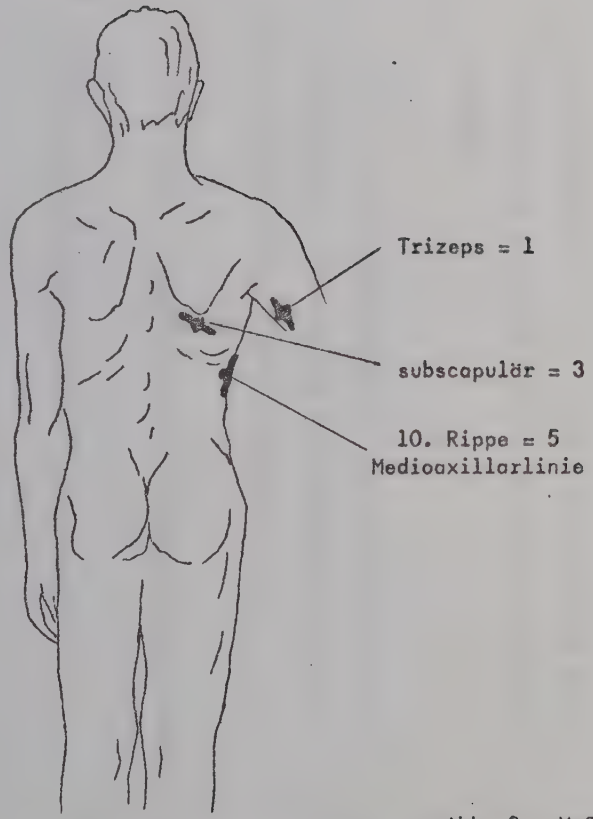
6. direkt über der Crista ilica,

7. über dem Abdomen, 2-3 cm lateral vom Nabel,

8. auf der Vorderseite des Oberschenkels, Mitte der Verbindungslinie von Leistenbeuge und Oberrand der Patella.

9. auf der Mitte der Patella.

Alle Messungen wurden zweimal durchgeführt. Für die Berechnungen wurde das arithmetische Mittel der Meßwerte verwandt.



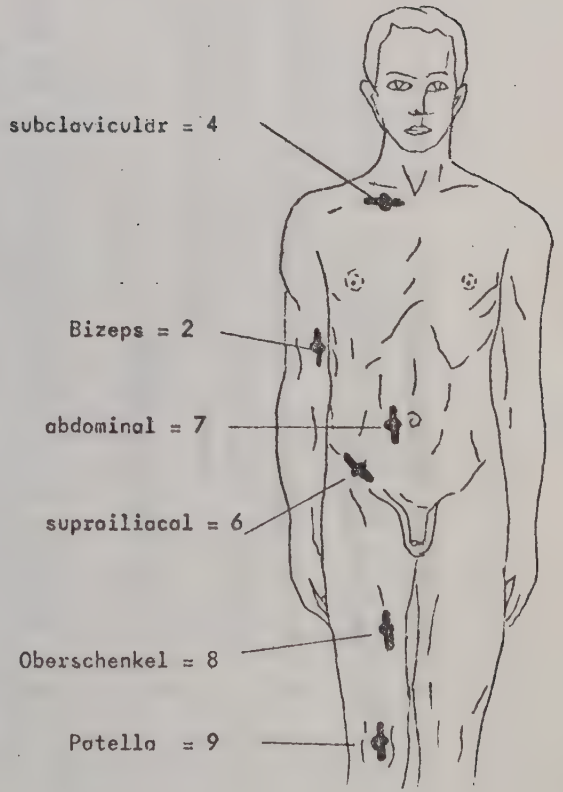


Abb. 3: Meßstellen

B) Errechnung des Depotfettes aus der Gesamtkaliummenge des Körpers

Das natürliche Kalium des menschlichen Körpers enthält 0,012% ^{40}K.

Die gamma-Strahlen dieses Isotopen können mit dem "human counter" - in unserem Fall mit dem "baby counter" - gemessen werden. Es handelt sich hierbei um einen Ganzkörperzähler, (4-pi-Flüssigkeitsscintillator), dessen Aufbau und Arbeitsweise von ROMAHN und von ROMAHN u. Burmeister 1970 beschrieben wurden.

Mit Hilfe der errechneten Werte des Gesamtkaliums wurde die fettfreie Körpermasse und - aus der Differenz von Körpergewicht und fettfreier Körpermasse - das Depotfett bestimmt:

Depotfett = Körpergewicht - fettfreie Körpermasse

Die fettfreie Körpermasse (lean body mass = LBM) setzt sich zusammen aus der Zellmasse (CM), der extrazellulären Flüssigkeit (ECF) und den extracellulären Feststoffen (Se) (BURMEISTER, 1965 Lit. Nr. 32):

LBM = CM + ECF + Se

Die extrazellulären Feststoffe sind proportional der Zellmasse (BURMEISTER, 1965 Lit. Nr. 33):

$$Se = 0{,}1\ CM$$

Hieraus ergibt sich:

$$LBM = 1{,}1\ CM + ECF$$

Kalium befindet sich über 95 % intrazellulär.
1 kg Zellmasse enthält nach den Untersuchungen von BURMEISTER von 1965 (Lit. Nr. 33) konstant 92,5 mval Kalium.
Wenn K die Kaliummenge in mval und CM die Zellmasse in kg ist, gilt:

$$CM = \frac{1{,}1K}{92{,}5} + ECF$$

Die extrazelluläre Flüssigkeit kann aus der Körperoberfläche errechnet werden (BURMEISTER, 1961/62):

$$ECF = 6{,}04 \cdot \text{Oberfläche}$$

Die Körperoberfläche wurde aus Körperhöhe und Körpergewicht nach einem Nomogramm entsprechend der Formel von DU BOIS und DU BOIS abgelesen (Documenta Geigy, 1969).

C) Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte durch die 1963 beschriebene schrittweise Regressionsanalyse nach MATT. Bei dieser Methode werden die einzelnen Größen, im vorliegenden Fall also die einzelnen Hautfaltenwerte daraufhin geprüft, ob durch sie die Bestimmtheit der aus ihnen errechneten Funktion signifikant zunimmt. Im bejahenden Falle wird die Hautfaltengröße in die Regressionsgleichung hineingenommen und die weiteren Größen werden im Hinblick auf die entstehenden Regressionsgleichung auf gleiche Weise geprüft.

VI. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Die Untersuchungsergebnisse wurden in den folgenden Tabellen zusammengefaßt:

A) Hautfaltenmeßwerte

Tabelle 7: Hautfaltenmeßwerte an 72 Knaben

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	2	5,8	4,1	5,7	6,5	3,3	5,1	5,1	7,6	5,9
2	-	2	7,8	5,3	7,6	11,5	4,9	6,5	5,7	12,4	7,2
3	-	3	9,4	5,4	9,1	12,2	5,1	5,2	8,3	11,6	9,5
4	-	3	5,7	4,1	4,1	5,1	2,9	4,1	4,8	9,9	5,3
5	-	3	6,2	5,3	6,7	6,9	4,8	5,9	6,1	12,2	5,7
6	-	3	6,6	5,3	6,5	7,4	4,7	6,1	6,5	14,9	6,5
7	-	4	9,0	7,2	7,0	10,5	4,4	9,6	5,9	10,3	5,8
8	-	5	6,1	5,9	5,6	8,8	3,8	6,4	8,1	12,4	4,7
9	-	5	5,6	4,6	5,6	7,2	3,4	5,5	6,3	11,6	4,6
10	-	5	6,0	4,6	5,4	9,0	3,7	5,8	6,8	12,3	8,4
11	-	6	5,6	4,1	4,5	4,6	3,0	7,5	6,3	11,6	6,4
12	-	8	5,1	4,9	4,6	7,1	3,2	3,4	4,6	8,0	8,1
13	-	9	8,7	6,5	7,2	6,4	5,9	6,0	5,3	14,8	8,4
14	-	10	5,9	5,5	3,0	4,1	2,3	2,4	3,3	7,5	4,6
15	-	5	7,5	5,1	6,1	10,0	3,6	6,9	7,4	15,5	6,0

Fortsetzung Tabelle 7

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	-	8	4,4	3,4	5,2	4,0	2,8	3,0	3,8	5,1	4,1
17	-	2	4,6	3,5	5,0	4,7	2,9	3,8	4,2	7,3	4,8
18	-	3	4,3	3,6	4,7	5,3	2,9	3,6	3,2	7,1	4,4
19	-	7	6,1	4,4	3,6	5,8	3,0	3,2	4,2	8,2	7,5
20	-	12	4,8	4,4	4,1	7,0	2,6	3,0	4,6	13,0	7,5
21	-	4	8,5	6,7	7,2	8,0	5,5	7,6	6,5	15,5	5,8
22	-	2	7,4	5,6	6,7	9,6	4,4	7,2	8,2	14,5	8,1
23	-	5	12,0	6,1	7,4	10,8	5,5	7,5	10,1	16,2	13,0
24	-	5	7,1	5,9	6,0	8,2	4,7	5,2	7,5	12,8	8,4
25	-	2	5,8	5,3	6,8	9,4	3,9	6,3	10,2	11,3	7,4
26	-	2	3,1	2,4	2,4	2,2	2,0	2,5	2,1	4,1	2,9
27	-	2	9,2	5,6	9,9	11,0	6,0	5,6	10,4	16,2	11,1
28	-	2	3,8	2,6	4,1	4,7	2,5	4,0	3,2	7,0	4,0
29	-	4	9,2	6,6	8,0	13,5	5,0	7,8	10,2	16,0	10,8
30	1	1	6,4	5,4	4,0	6,4	2,6	2,5	3,5	11,0	5,0
31	1	2	6,1	5,0	4,8	4,9	3,0	4,8	4,1	9,8	5,9
32	1	5	7,7	6,6	5,2	8,5	4,0	3,4	4,2	11,2	8,5
33	1	5	7,5	5,2	5,1	5,6	4,1	2,8	4,8	11,5	9,1
34	1	5	9,8	4,5	5,0	5,8	3,9	4,4	7,6	15,5	7,7
35	1	3	13,1	8,0	8,0	7,9	6,7	11,7	8,7	15,4	17,0
36	1	5	9,9	4,5	5,7	5,9	3,3	2,7	4,3	9,3	5,6
37	1	2	8,0	3,9	5,8	8,2	4,1	4,2	9,0	12,2	6,6
38	1	5	10,5	6,9	5,4	4,5	4,1	3,2	5,8	12,1	9,0

Fortsetzung Tabelle 7

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
39	1	0	6,7	4,3	4,6	4,7	3,7	2,9	4,6	11,6	6,5
40	1	1	10,6	7,8	6,6	9,2	3,4	3,9	6,9	13,1	8,2
41	2	1	7,5	5,4	4,9	4,8	3,6	2,3	4,2	8,8	7,9
42	2	1	7,3	5,6	5,1	5,5	3,2	2,4	3,5	8,2	3,7
43	2	7	5,2	4,2	3,6	4,5	3,5	2,4	3,3	7,0	3,8
44	2	3	4,9	7,0	5,7	9,2	4,9	3,1	6,9	14,4	6,5
45	2	6	6,0	4,1	4,2	4,0	2,8	2,2	3,0	5,7	4,2
46	2	8	7,2	4,4	4,5	4,2	2,9	2,0	3,3	6,3	5,4
47	2	5	6,1	4,7	4,2	5,2	3,4	2,2	3,5	8,0	4,1
48	3	6	5,0	3,6	4,0	5,9	2,6	2,2	3,3	7,1	4,6
49	3	7	6,8	4,9	4,9	6,1	3,6	3,6	3,5	10,1	6,2
50	3	9	7,0	6,1	4,0	4,4	3,2	2,6	4,3	7,8	5,3
51	3	8	6,8	4,9	4,1	3,6	3,6	3,0	4,5	9,4	5,7
52	3	9	8,4	4,8	6,0	4,5	6,3	3,7	5,4	14,9	7,4
53	3	11	7,3	3,8	4,6	4,9	3,4	2,8	4,8	10,2	4,7
54	3	10	8,3	5,0	5,1	4,2	3,8	2,7	5,2	10,0	6,2
55	4	8	6,6	3,8	4,0	3,0	2,9	2,3	3,7	11,2	3,9
56	4	8	5,5	2,7	3,7	2,9	2,8	2,1	2,8	5,3	3,4
57	4	5	7,1	5,5	3,8	4,0	3,3	2,5	3,9	8,9	4,7
58	4	10	12,0	6,2	7,7	8,1	5,1	3,4	5,9	22,8	7,7
59	3	10	6,2	5,1	4,8	4,1	3,9	3,1	6,4	8,5	5,0
60	5	1	4,7	4,3	3,2	3,1	2,8	2,7	4,4	6,4	4,1

Fortsetzung Tabelle 7

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
61	5	3	5,7	3,1	3,3	3,4	2,9	2,4	3,8	6,7	4,4
62	5	6	10,9	5,6	5,2	6,1	4,2	3,6	6,9	16,2	6,2
63	6	0	4,8	2,6	3,0	2,5	2,5	2,0	2,9	4,7	3,8
64	6	4	4,7	2,9	3,8	3,3	3,0	2,6	4,4	6,3	4,4
65	6	8	7,1	3,5	4,4	3,1	2,7	2,4	3,1	5,9	4,5
66	6	2	8,2	3,2	3,9	3,4	3,9	2,3	3,3	8,6	6,4
67	6	2	5,4	3,2	4,3	4,2	3,5	2,1	4,8	5,4	3,9
68	1		6,2	5,5	4,6	6,3	3,6	3,4	6,3	9,2	7,0
69	4	10	6,5	2,9	4,2	3,0	3,2	2,4	3,1	5,3	3,6
70	4	9	5,9	2,8	4,3	3,0	3,2	2,2	3,1	5,7	3,9
71	4	9	6,2	2,9	4,1	3,1	3,0	2,1	2,9	5,4	3,7
72	4	9	6,2	3,2	3,8	2,8	2,9	2,2	3,0	5,5	3,8

Tabelle 8: Hautfaltenmeßwerte an 58 Mädchen

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	2	8,0	3,7	8,4	8,5	5,5	8,9	9,0	16,2	6,7
2	-	2	3,7	2,5	3,6	3,9	2,2	2,7	2,8	5,0	3,9
3	-	3	7,6	3,3	4,9	6,0	3,5	4,5	5,6	10,1	6,3
4	-	4	6,5	5,9	5,8	7,5	3,3	5,2	7,7	14,5	6,4
5	-	8	9,2	7,0	5,6	7,2	4,4	4,9	7,4	16,6	8,4
6	-	9	7,4	6,0	6,8	10,7	4,9	7,7	8,7	11,0	8,9
7	-	9	6,9	5,6	4,4	5,5	3,5	4,5	4,7	7,6	5,7
8	-	11	8,4	5,3	3,5	5,8	3,0	3,3	5,1	8,5	3,4
9	-	10	6,4	4,8	4,2	4,8	3,4	2,8	4,6	9,5	6,6
10	-	4	11,3	6,0	8,1	9,2	5,0	5,3	7,2	11,8	7,7
11	-	4	6,9	5,9	6,0	10,4	4,0	7,2	8,3	14,7	7,1
12	-	10	9,4	6,9	7,5	9,4	5,2	5,5	7,1	9,7	7,7
13	-	7	9,0	5,5	6,9	10,0	4,4	6,5	6,1	11,5	11,2
14	-	2	9,5	5,9	8,2	8,9	5,3	6,1	10,1	13,1	6,6
15	-	7	10,1	5,1	5,0	9,5	4,5	5,3	5,7	16,3	10,1
16	-	3	8,8	6,0	7,2	11,4	4,7	7,6	7,0	19,0	8,0
17	-	5	6,4	5,5	5,2	10,2	3,8	6,6	8,3	10,9	8,0
18	1	11	5,5	3,0	3,4	2,6	2,6	2,1	3,4	5,4	3,8
19	1	3	5,0	3,7	3,2	4,2	1,9	1,9	2,5	6,5	4,1
20	1	3	5,9	4,0	5,2	5,4	3,0	3,0	4,7	6,7	5,5
21	1	3	4,7	3,5	5,0	5,2	3,1	2,9	3,9	7,5	5,0
22	1	8	6,4	5,5	4,6	5,8	3,6	3,4	4,4	10,2	6,5

Fortsetzung Tabelle 8

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	1	8	9,4	5,2	5,6	10,0	3,8	3,4	5,8	11,6	8,5
24	1	8	6,5	5,0	4,5	4,9	4,5	2,8	4,4	9,6	4,7
25	1	2	6,2	4,5	4,2	5,0	3,4	3,2	4,4	7,3	4,4
26	2	1	10,3	6,4	5,5	7,5	4,7	3,5	4,8	13,2	5,6
27	2	1	8,3	5,8	6,5	4,8	4,6	3,1	4,5	10,8	5,5
28	2	4	6,1	3,3	4,6	4,3	3,2	3,1	4,3	9,0	5,6
29	2	7	7,4	7,9	7,2	10,4	6,0	4,2	7,5	12,1	7,5
30	2	6	6,3	5,1	4,4	4,6	2,8	2,2	2,9	8,0	5,4
31	2	11	8,2	4,2	5,3	5,8	4,3	4,1	4,9	12,0	4,1
32	3	0	10,9	7,7	7,2	7,5	5,2	4,4	6,6	13,2	5,8
33	3	6	7,7	5,6	4,9	4,7	4,7	2,8	4,5	11,6	5,3
34	3	1	9,9	8,7	6,0	8,6	3,3	3,5	4,0	12,0	4,5
35	4	7	11,8	8,2	9,5	11,9	9,5	6,1	11,7	20,6	6,5
36	4	9	9,1	5,3	4,5	5,6	3,5	3,5	5,6	16,0	5,6
37	5	2	7,0	4,5	4,1	4,5	3,0	2,8	3,7	12,8	3,9
38	5	4	7,8	5,4	4,8	4,2	4,0	3,5	6,4	11,8	7,4
39	5	5	7,1	4,3	5,9	5,3	4,3	3,9	5,8	9,4	4,6
40	5	10	7,6	3,0	3,5	3,6	2,5	3,0	3,0	15,3	4,2
41	5	11	7,3	4,4	4,5	3,7	3,6	3,4	4,3	10,6	4,1
42	5	9	10,7	6,0	8,1	8,4	5,1	4,0	8,2	14,0	5,2
43	5	2	7,4	4,3	4,2	5,4	3,8	3,0	4,5	10,0	3,2
44	5	8	9,1	5,4	4,7	5,7	3,1	3,0	4,9	14,6	4,0

Fortsetzung Tabelle 8

Nr.	Alter Jahre	Monate	Hautfalten in mm 1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	5	5	5,8	4,0	3,5	3,3	2,6	2,2	3,6	7,4	4,5
46	5	9	10,2	6,0	7,6	8,4	5,1	2,7	8,6	13,8	4,9
47	6	2	7,2	5,9	5,7	5,0	7,1	4,1	6,9	13,5	3,7
48	6	2	8,5	4,3	4,3	4,5	3,6	2,7	6,0	10,2	4,2
49	6	8	11,5	4,7	5,6	4,5	5,8	5,6	7,2	18,8	7,4
50	6	9	6,2	5,2	4,4	5,9	3,2	3,0	3,9	12,8	3,6
51	6	3	6,5	3,0	3,6	2,5	2,5	2,1	3,1	5,6	4,8
52	6	11	10,0	5,0	5,3	4,2	3,2	3,3	6,0	11,9	4,0
53	6	11	10,1	6,9	6,5	8,0	6,8	6,9	17,4	16,6	5,4
54	6	1	6,6	2,7	3,6	4,2	2,9	2,8	4,7	8,8	3,6
55	6	6	11,8	5,4	7,7	5,1	4,6	5,7	6,9	19,4	6,4
56	6	4	8,0	6,2	7,5	5,6	7,3	5,5	10,2	15,2	4,5
57	6	3	4,8	2,2	2,8	2,4	2,3	2,2	2,6	5,5	3,2
58	6	2	8,6	4,0	4,0	5,0	3,8	2,8	5,2	9,6	3,8

B) Gesamt-Kalium und Körpermaße

Das Gesamt-Kalium wurde mit Hilfe des im Counter gemessenen ^{40}K (s. S. 57) errechnet.

Tabelle 9: Gesamt-Kalium und Körpermaße der 72 Knaben

Nr.	Gesamt-K	Länge	Gewicht	Soll-Gew. altersbez.*	Soll-Gew. längenbez.*
	g	cm	kg	kg	kg
1	9,17	55,0	5,08	4,90	4,40
2	8,76	58,0	5,35	4,90	5,10
3	9,07	58,0	5,87	5,70	5,10
4	9,11	58,0	5,55	5,70	5,10
5	10,12	60,0	5,96	5,70	5,60
6	10,08	60,0	6,11	5,70	5,60
7	10,01	54,0	6,78	6,35	4,20
8	7,60	51,0	4,30	7,00	3,45
9	8,79	62,0	5,46	7,00	6,20
10	11,13	60,0	7,20	7,00	5,60
11	10,67	63,0	6,31	7,60	6,50
12	12,75	71,0	8,90	8,60	9,00
13	12,44	75,0	8,10	9,10	10,05
14	10,62	74,0	6,60	9,40	9,80
15	10,41	62,0	7,00	7,00	6,20

Fortsetzung Tabelle 9

Nr.	Gesamt-K g	Länge cm	Gewicht kg	Soll-Gew. altersbez.* kg	Soll-Gew. längenbez.* kg
16	12,05	69,0	7,60	8,60	8,40
17	7,72	55,0	4,35	4,90	4,40
18	8,40	57,0	4,50	5,70	4,90
19	10,90	67,0	7,30	8,10	7,80
20	9,06	69,0	6,61	10,10	8,40
21	8,81	63,0	6,13	6,35	6,50
22	8,10	56,0	5,04	4,90	4,65
23	10,49	64,0	7,20	7,00	6,80
24	9,11	62,0	6,10	7,00	6,20
25	7,55	59,0	5,17	4,90	5,35
26	6,17	51,0	3,48	4,90	3,45
27	9,10	59,0	5,95	4,90	5,35
28	5,62	50,0	3,26	4,95	3,30
29	12,55	66,0	7,80	6,35	7,45
30	13,68	78,0	8,78	10,30	10,70
31	16,07	75,0	9,17	10,55	10,05
32	12,97	75,0	8,70	11,20	10,05
33	17,46	82,5	10,90	11,20	11,60
34	17,50	82,0	12,60	11,20	11,45
35	12,11	78,5	10,50	10,80	10,80
36	16,88	82,0	10,80	11,20	11,45
37	17,50	78,5	12,20	10,50	10,80

Fortsetzung Tabelle 9

Nr.	Gesamt-K g	Länge cm	Gewicht kg	Soll-Gew. altersbez.* kg	Soll-Gew. längenbez.* kg
38	16,45	81,5	10,80	11,20	11,35
39	15,68	76,0	10,20	10,10	10,30
40	10,94	72,0	8,40	10,30	9,30
41	18,14	82,0	11,40	12,75	11,45
42	19,29	88,0	11,70	12,75	12,70
43	20,54	87,5	11,20	13,75	12,60
44	17,30	100,0	13,50	13,10	15,60
45	18,50	87,0	10,70	13,60	12,50
46	21,05	22,5	12,30	13,90	13,70
47	22,68	95,0	13,10	13,40	14,30
48	19,80	86,5	11,30	15,60	12,40
49	22,07	94,0	14,00	15,75	14,10
50	26,17	102,0	16,70	16,05	16,10
51	24,65	101,5	14,30	15,90	16,00
52	25,72	99,0	15,70	16,05	15,35
53	26,40	99,5	14,70	16,35	15,50
54	23,17	101,5	14,80	16,20	16,00
55	25,80	112,0	17,00	17,70	19,70
56	32,15	115,0	18,20	17,70	20,95
57	23,28	103,0	15,10	17,25	16,40
58	30,88	112,5	22,50	18,05	19,90
59	23,99	100,0	15,00	16,20	15,60

Fortsetzung Tabelle 9

Nr.	Gesamt-K g	Länge cm	Gewicht kg	Soll-Gew. altersbez.* kg	Soll-Gew. längenbez.* kg
60	27,98	109,0	15,50	19,60	18,50
61	35,45	116,0	20,00	20,00	21,35
62	32,75	116,0	19,80	20,70	21,35
63	28,50	111,5	14,30	21,90	19,50
64	38,07	123,0	20,10	22,75	24,10
65	38,03	118,5	21,10	23,65	22,30
66	37,16	122,0	21,00	22,30	23,70
67	28,37	113,0	17,40	22,30	20,10
68	14,78	75,0	8,60	10,10	10,05
69	35,26	116,0	18,30	18,05	21,35
70	33,02	115,0	18,30	17,90	20,95
71	34,18	115,0	18,20	17,90	20,95
72	34,40	115,0	18,20	17,90	20,95

* (MEREDITH, 1969)

Tabelle 10: Gesamt-Kalium und Körpermaße der 58 Mädchen

Nr.	Gesamt-K g	Länge cm	Gewicht kg	Soll-Gew. altersbez.* kg	Soll-Gew. längenbez. * kg
1	7,05	56,0	5,19	4,80	4,80
2	5,58	53,0	3,50	4,80	4,10
3	6,85	55,0	4,49	5,60	4,55
4	9,96	66,0	6,60	6,15	7,55
5	12,31	71,0	7,61	8,20	8,90
6	12,07	72,0	8,10	8,70	9,20
7	10,87	72,0	6,98	8,70	9,20
8	12,59	71,5	7,37	9,40	9,05
9	13,10	74,0	8,18	9,05	9,70
10	8,89	61,0	5,80	6,15	6,05
11	9,27	64,0	6,10	6,15	6,95
12	13,73	71,0	8,10	9,05	8,90
13	10,32	67,0	7,15	7,75	7,85
14	7,34	56,0	4,62	4,80	4,80
15	11,49	67,0	7,28	7,75	7,85
16	8,84	57,0	5,25	5,60	5,00
17	8,65	59,0	5,75	6,70	5,50
18	18,37	88,5	11,00	12,05	12,70
19	11,55	72,0	7,10	10,40	9,20
20	13,98	78,0	8,60	10,40	10,50
21	11,78	67,0	6,94	10,40	7,85
22	14,96	84,0	10,30	11,50	11,75

Fortsetzung Tabelle 10

Nr.	Gesamt-K g	Länge cm	Gewicht kg	Soll-Gew. altersbez.* kg	Soll-Gew. längenbez.* kg
23	15,79	90,5	11,00	11,50	13,15
24	18,32	80,5	10,86	11,50	11,00
25	12,94	78,0	8,32	10,20	10,50
26	18,52	86,0	12,20	12,45	12,20
27	20,12	89,0	12,20	12,45	12,80
28	19,30	85,0	13,40	13,00	12,00
29	26,08	96,0	17,00	13,55	14,50
30	16,80	82,0	10,36	13,40	11,35
31	22,71	99,5	14,20	14,20	15,40
32	19,40	88,0	14,20	14,40	12,60
33	22,33	94,5	13,50	15,40	14,15
34	20,47	93,0	13,30	14,55	13,80
35	26,40	99,0	18,40	17,70	15,25
36	31,80	114,5	19,50	18,00	20,60
37	28,47	113,5	17,70	19,20	20,25
38	35,67	115,0	20,00	19,60	20,80
39	35,32	116,0	20,00	19,80	21,15
40	29,97	99,0	17,80	20,75	15,25
41	35,21	114,5	19,30	20,90	20,60
42	34,70	111,0	21,00	20,60	19,30
43	30,80	114,5	18,20	19,20	20,60
44	29,63	114,0	19,10	20,40	20,40

Fortsetzung Tabelle 10

Nr.	Gesamt-K g	Länge cm	Gewicht kg	Soll-Gew. altersbez.* kg	Soll-Gew. längenbez. * kg
45	31,16	111,0	15,90	19,80	19,30
46	31,75	111,0	20,60	20,60	19,30
47	27,57	104,0	17,30	21,55	16,60
48	30,96	115,0	19,10	21,55	20,80
49	25,75	106,5	17,10	22,80	17,35
50	35,84	119,0	22,30	23,05	22,35
51	28,36	104,5	15,00	21,75	16,75
52	38,11	119,0	21,70	23,70	22,35
53	43,74	122,0	24,80	23,70	23,55
54	30,18	117,0	18,00	21,35	21,55
55	39,30	122,5	23,50	22,40	23,80
56	28,60	107,5	20,00	21,95	17,75
57	31,08	119,0	17,00	21,75	22,35
58	31,83	115,0	19,00	21,55	20,80

* (MEREDITH, 1969)

C) Mittelwerte der Hautfalten

Die Mittelwerte der 9 Hautfalten für die 7, je ein Lebensjahr umfassenden Altersgruppen wurden berechnet.

Tabelle 11: Hautfaltenmittelwerte der 72 Knaben und 58 Mädchen

Alter	Anzahl	Hautfalten mm Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Knaben:										
2 Mo.-1 J.	29	6,6	5,0	5,9	7,6	3,9	5,4	6,2	11,3	6,8
1 - 2 J.	12	8,5	5,6	5,3	6,5	3,9	4,2	5,8	11,8	8,0
2 - 3 J.	7	6,3	5,1	4,6	5,3	3,5	2,4	4,0	8,3	5,1
3 - 4 J.	8	7,0	4,8	4,7	4,9	3,5	3,0	4,7	9,8	5,6
4 - 5 J.	8	7,0	3,8	4,5	3,7	3,3	2,4	3,6	8,8	4,3
5 - 6 J.	3	7,1	4,3	3,9	4,2	3,3	2,9	5,0	9,8	4,9
6 - 7 J.	5	6,0	3,1	3,9	3,3	3,1	2,3	3,7	6,2	4,6
Mädchen:										
2 Mo.-1 J.	17	8,0	5,3	6,0	8,2	4,2	5,6	6,8	12,1	7,2
1 - 2 J.	8	6,2	4,3	4,5	5,4	3,2	2,8	4,2	8,1	5,3
2 - 3 J.	7	8,2	5,8	5,8	6,4	4,4	3,5	5,1	11,2	5,6
3 - 4 J.	2	8,8	7,2	5,5	6,7	4,0	3,2	4,3	11,8	4,9
4 - 5 J.	2	10,5	6,8	7,0	8,8	6,5	4,8	8,7	18,3	6,1
5 - 6 J.	10	8,0	4,7	5,1	5,3	3,7	3,1	5,3	12,0	4,6
6 - 7 J.	12	8,3	4,6	5,1	4,7	4,4	3,9	6,7	12,7	4,6

Da einige der 7 Altersgruppen schwach besetzt waren, wurden sie zu 4 zahlenstärkeren zusammengefaßt.

Tabelle 12: Hautfaltenmittelwerte der 72 Knaben und 58 Mädchen nach Zusammenfassung in 4 Altersgruppen

Alter	Anzahl	Hautfalten mm Nr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9
Knaben:										
2 Mo-1 J.	29	6,6	5,0	5,9	7,6	3,9	5,4	6,2	11,3	6,8
1 - 2 J.	12	8,5	5,6	5,3	6,5	3,9	4,2	5,8	11,8	8,0
2 - 5 J.	23	6,8	6,1	4,6	4,6	3,4	2,6	4,1	9,0	5,0
5 - 7 J.	8	6,4	3,6	3,9	3,6	3,2	2,5	4,2	7,5	4,7
Mädchen:										
2 Mo-1 J.	17	8,0	5,3	6,0	8,2	4,2	5,6	6,8	12,1	7,2
1 - 2 J.	8	6,2	4,3	4,5	5,4	3,2	2,8	4,2	8,1	5,3
2 - 5 J.	11	8,7	6,2	6,0	6,8	4,7	3,7	5,6	11,1	5,6
5 - 7 J.	22	8,2	4,7	5,1	5,0	4,1	3,5	6,1	12,4	4,6

Die Mittelwerte der Summe aller 9 Hautfalten wurden ebenfalls für die 7 Altersgruppen berechnet.

Tabelle 13: Mittelwerte der Hautfaltensumme für die 72 Knaben und 58 Mädchen

Alter	Knaben		Mädchen	
	Anzahl	Summe der Hautfalten mm	Anzahl	Summe der Hautfalten mm
2 Mo. - 1 J	29	58,7	17	63,4
1 - 2 J.	12	59,6	8	44,0
2 - 3 J.	7	44,6	7	56,0
3 - 4 J.	8	48,0	2	56,4
4 - 5 J.	8	41,4	2	77,5
5 - 6 J.	3	45,4	10	51,8
6 - 7 J.	5	36,2	12	55,0

Einige schwach besetzte Altersgruppen wurden auch hier zusammengefaßt.

Tabelle 14: Mittelwerte der Hautfaltensummen für die 72 Knaben und 58 Mädchen nach Zusammenfassung in 4 Altersgruppen

Alter	Knaben		Mädchen	
	Anzahl	Summe der Hautfalten mm	Anzahl	Summe der Hautfalten mm
2 Mo-1 J.	29	58,7	17	63,4
1 - 2 J.	12	59,6	8	44,0
2 - 5 J.	23	46,2	11	58,4
5 - 7 J.	8	39,6	22	53,7

D) Depotfettwerte

Die Depotfettwerte wurden errechnen

1. aus dem Gesamt-Kalium ($Depotfett_K$), vergl. S. 57 und
2. aus den Hautfaltengrößen ($Depotfett_H$) durch schrittweise Regressionsanalyse, s. S. 59.

Tabelle 15: Depotfettwerte der 72 Knaben

Nr.	$Depotfett_K$ kg	$Depotfett_H$ kg	Differenz: $Fett_K - Fett_H$ kg
1	0,711	0,900	- 0,190
2	1,006	1,486	- 0,479
3	1,365	2,170	- 0,805
4	1,074	1,763	- 0,689
5	1,080	2,160	- 1,080
6	1,223	2,370	- 1,147
7	1,972	0,455	1,517
8	0,594	1,164	- 0,570
9	1,009	1,345	- 0,336
10	1,862	0,770	1,093
11	1,152	0,572	0,581

Fortsetzung Tabelle 15

Nr.	Depotfett$_K$ kg	Depotfett$_H$ kg	Differenz: Fett$_K$ - Fett$_H$ kg
12	2,608	0,933	1,675
13	1,903	3,778	- 1,874
14	1,179	2,156	- 0,977
15	1,858	1,427	0,431
16	1,724	1,339	0,385
17	0,522	1,231	- 0,709
18	0,405	1,106	- 0,702
19	1,857	1,654	0,204
20	1,771	1,509	0,262
21	1,561	2,960	- 1,398
22	0,980	1,343	- 0,363
23	1,963	2,903	- 0,940
24	1,466	2,205	- 0,740
25	1,198	0,501	0,697
26	0,329	0,994	- 0,665
27	1,404	3,121	- 1,718
28	0,329	0,694	- 0,365
29	1,819	1,185	0,634
30	2,050	2,477	- 0,427
31	1,739	1,621	0,118
32	2,268	2,491	- 0,223
33	2,656	3,257	- 0,600
34	4,171	4,097	0,073

Fortsetzung Tabelle 15

Nr.	$Depotfett_K$ kg	$Depotfett_H$ kg	Differenz: $Fett_K - Fett_H$ kg
35	4,031	2,137	1,894
36	2,757	3,856	- 1,099
37	3,909	2,790	1,119
38	2,901	4,543	- 1,643
39	2,744	3,241	- 0,497
40	2,693	3,220	- 0,527
41	2,906	3,112	- 0,206
42	2,665	3,117	- 0,452
43	1,856	2,492	- 0,635
44	4,544	2,651	1,893
45	2,049	2,337	- 0,289
46	2,543	2,829	- 0,286
47	2,689	2,831	- 0,142
48	2,195	1,645	0,551
49	3,701	2,473	1,228
50	4,640	2,863	1,776
51	2,977	3,180	- 0,203
52	3,968	3,907	0,062
53	2,856	3,341	0,485
54	3,871	3,882	0,011
55	4,731	3,648	1,083
56	3,782	2,470	1,312

Fortsetzung Tabelle 15

Nr.	Depotfett$_K$ kg	Depotfett$_H$ kg	Differenz: Fett$_K$ - Fett$_H$ kg
57	4,062	3,321	0,742
58	8,110	6,622	1,488
59	3,841	2,935	0,906
60	2,821	1,949	0,873
61	4,358	2,450	1,909
62	5,000	5,253	- 0,253
63	1,537	2,021	- 0,484
64	3,440	2,003	1,437
65	4,484	2,797	1,688
66	4,552	3,987	0,565
67	4,276	2,499	1,777
68	1,630	2,049	- 0,419
69	2,896	2,891	0,005
70	3,607	2,767	0,840
71	3,165	2,776	0,388
72	3,098	2,742	0,356

Tabelle 16: Depotfettwerte der 58 Mädchen

Nr.	$Depotfett_K$	$Depotfett_H$	Differenz: $Fett_K - Fett_H$
	kg	kg	kg
1	1,430	2,115	- 0,686
2	0,489	0,908	- 0,419
3	0,907	2,354	- 1,447
4	1,554	1,886	- 0,332
5	1,608	3,725	- 2,118
6	2,086	0,557	1,529
7	1,475	1,897	- 0,422
8	1,302	3,076	- 1,775
9	1,796	2,661	- 0,865
10	1,293	3,657	- 2,364
11	1,374	0,945	0,428
12	1,605	2,612	- 1,007
13	1,902	1,294	0,608
14	0,849	3,209	- 2,359
15	1,660	3,224	- 1,564
16	0,916	2,195	- 1,279
17	1,366	0,250	1,116
18	2,314	2,382	- 0,068
19	1,372	1,707	- 0,335
20	1,801	1,786	0,016
21	1,275	1,654	- 0,380
22	2,848	2,440	0,409

Fortsetzung Tabelle 16

Nr.	$Depotfett_K$ kg	$Depotfett_H$ kg	Differenz: $Fett_K - Fett_H$ kg
23	3,050	2,787	0,261
24	2,411	3,542	- 1,131
25	1,873	2,348	- 0,475
26	3,396	4,694	- 1,298
27	2,830	4,241	- 1,412
28	4,258	2,471	1,783
29	5,114	3,015	2,099
30	2,392	2,527	- 0,135
31	3,533	3,796	- 0,263
32	4,860	4,789	0,071
33	3,164	4,359	- 1,196
34	3,592	3,540	0,052
35	6,189	6,876	- 0,687
36	5,065	4,388	0,677
37	4,499	3,586	0,912
38	4,322	3,576	0,746
39	4,398	3,523	0,874
40	4,562	3,972	0,590
41	3,849	3,577	0,272
42	5,641	4,847	0,793
43	4,207	3,584	0,623
44	5,382	4,367	1,014

Fortsetzung Tabelle 16

Nr.	Depotfett$_K$ kg	Depotfett$_H$ kg	Differenz: Fett$_K$ - Fett$_H$ kg
45	2,153	2,519	- 0,366
46	6,176	5,209	0,967
47	4,693	6,108	- 1,415
48	4,947	4,089	0,858
49	4,994	6,053	- 1,060
50	6,214	3,073	3,141
51	2,387	2,621	- 0,234
52	4,984	4,531	0,453
53	5,974	4,772	1,202
54	4,144	2,885	1,259
55	6,133	5,584	0,549
56	6,702	5,218	1,484
57	2,927	2,050	0,876
58	4,593	4,059	0,535

Durch schrittweise Regressionsanalyse nach (MATT, 1963) wurde aus den Hautfaltenwerten folgende, für die 130 Kinder gemeinsame Regressionsgleichung entwickelt (s. Regressionsgleichung Nr. 5 in Tab. 23, Seite 92).

$$
\begin{aligned}
Y = \; & 0.377323\, x_1 \\
& - 0.415279\, x_6 \\
& + 0.538428\, x_5 \\
& - 0.197956\, x_4 \\
& + 0.149107\, x_8 \\
& - 0.134539\, x_9
\end{aligned}
$$

Korrelationskoeffizient $r = 0.76567$

Es fanden bei der Berechnung des Depotfett aus den Hautfaltenwerten also folgende Hautfalten Berücksichtigung:

1. über dem Trizeps = Nr. 1
2. über der Crista ilica = Nr. 6
3. über der 10. Rippe = Nr. 5
4. unterhalb der Clavicula = Nr. 4
5. auf dem Oberschenkel = Nr. 8
6. über der Patella = Nr. 9

E) Regressionsgleichungen zur Errechnung von $Fett_H$ für die Untersuchungsgruppen A - G

Es wurde bei jeder der sieben Untersuchungsgruppen A - G (s. S. 48/49) eine schrittweise Regressionsanalyse vorgenommen. Aus der unten für die einzelnen Gruppen angegebenen Signifikanzfolge der Hautfalten X_1 - X_9 und den dazugehörenden Faktoren lassen sich die Regressionsgleichungen ablesen. Die Korrelationskoeffizienten r der einzelnen Gleichungen wurden angefügt.

Tabelle 17: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe A (36 Knaben von 2 - 15 Monate)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_1	X_3	X_9	X_0	X_6	X_7	X_4	X_5	X_8	X_2	r
0	0.229										0.59721
1	0.408	-0.220									0.68433
2	0.322	-0.228	0.091								0.70472
3	0.299	-0.284	0.094	0.496							0.71440
4	0.321	-0.244	0.099	0.495	-0,79						0.72744
5	0.323	-0.271	0.090	0.498	-0.084	0.037					0.72954
6	0.330	-0.240	0.085	0.497	-0.087	0.060	-0.043				0.73247
7	0.325	-0.275	0.080	0.489	-0.093	0.059	-0.035	0.067			0.73312
8	0.322	-0.268	0.081	0.470	-0.093	0.055	-0.038	0.052	0.008		0.73327
9	0.319	-0.267	0.082	0.461	-0.094	0.056	-0.038	0.051	0.007	0.006	0.73329

Tabelle 18: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe B
(36 Knaben von 15 Mon. - 7 Jahre)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_3	X_8	X_4	X_9	X_5	X_0	X_6	X_2	X_1	X_7	r
0	x 0,776										0,52123
1	x 0,537	x0,115									0,59344
2	x 0,771	x0,164	x-0,327								0,66121
3	x 0,980	x0,197	x-0,290	-0,263							0,71108
4	0.404	0,211	-0,353	-0,363	0,970						0,76313
5	0,280	0,247	-0,330	-0,357	0,739	0,891					0,76739
6	0,230	0,287	-0,324	-0,323	0,727	1,526	-0,350				0,77365
7	0,232	0,286	-0,288	-0,298	0,767	1,567	-0,348	-0,111			0,77671
8	0,212	0,279	-0,277	-0,306	0,781	1,498	-0,346	-0,114	0,025		0,77700
9	0,217	0,276	-0,272	-0,303	0,748	1,540	-0,386	-0,119	0,028	0,035	0,77723

Tabelle 19: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe C
(21 Mädchen von 2 - 15 Monate)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_0	X_9	X_8	X_2	X_4	X_1	X_6	X_3	X_5	X_7	r
0	·1,425										0,00000
1	·0,921	·0,075									0,38374
2	-1,034	0,123	-0,039								0,48766
3	0,771	0,100	-0,049	0,104							0,55154
4	0,721	0,143	-0,034	0,138	-0,077						0,60205
5	0,793	0,155	-0,027	0,171	-0,077	-0,053					0,62497
6	0,754	0,163	-0,038	0,192	-0,134	-0,047	0,076				0,64240
7	o,796	0,161	-0,040	0,190	-0,134	-0,034	0,097	-0,035			0,64682
8	0,792	0,150	-0,036	0,175	-0,110	-0,072	0,049	-0,095	0,196		0,66025
9	0,782	0,146	-0,035	0,185	-0,110	-0,074	0,060	-0,085	0,205	-0,020	0,66152

Tabelle 20: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe D
(37 Mädchen von 15 Mon. - 7 Jahre)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_8	X_0	X_7	X_9	X_5	X_3	X_1	X_2	X_4	X_6	r
0	0,346										0,73277
1	0,251	1,261									0,73277
2	0,180	1,237	0,152								0,77813
3	0,200	2,177	0,174	-0,261							0,81616
4	0,229	2,239	0,240	-0,242	-0,209						0,82760
5	0,210	1,970	0,222	-0,313	-0,391	0,327					0,85368
6	0,255	2,310	0,245	-0,293	-0,499	0,450	-0,158				0,86186
7	0,255	2,365	0,239	-0,278	-0,479	0,524	-0,149	-0,130			0,86698
8	0,261	2,492	0,232	-0,297	-0,475	0,491	-0,154	-0,191	0,082		0,87018
9	0,276	2,479	0,257	-0,279	-0,460	0,493	-0,150	-0,186	0,069	-0,132	0,87140

Tabelle 21: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe E
(72 Knaben von 2 Mon. - 7 Jahre)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_1	X_6	X_0	X_4	X_8	X_5	X_3	X_9	X_7	X_2	r
0	0,358										0,39517
1	0,589	-0,413									0,66984
2	0,468	-0,434	1,006								0,65547
3	0,503	-0,320	1,155	-0,141							0,70789
4	0,387	-0,350	1,160	-0,223	0,139						0,73909
5	0,336	-0,390	0,836	-0,241	0,120	0,311					0,74745
6	0,355	-0,375	0,938	-0,171	0,117	0,514	-0,278				0,75496
7	0,403	-0,352	0,839	-0,144	0,117	0,617	-0,317	-0,106			0,76176
8	0,410	-0,367	0,830	-0,164	0,106	0,607	-0,334	-0,119	0,087		0,76424
9	0,426	-0,362	0,948	-0,142	0,112	0,644	-0,361	-0,114	0,076	-0,086	0,76572

Tabelle 22: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe F
(58 Mädchen von 2 Mon. - 7 Jahre)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_1	X_9	X_8	X_6	X_7	X_0	X_5	X_4	X_3	X_2	r
0	0,408										0,41605
1	0,711	-0,440									0,62958
2	0,474	-0,481	0,181								0,68678
3	0,410	-0,282	0,278	-0,432							0,73108
4	0,309	-0,187	0,267	-0,765	0,295						0,77687
5	0,161	-0,284	0,261	-0,743	0,303	1,727					0,79854
6	0,145	-0,287	0,239	-0,729	0,234	1,615	0,213				0,80418
7	0,161	-0,244	0,233	-0,685	0,243	1,538	0,233	-0,086			0,80717
8	0,137	-0,239	0,239	-0,709	0,245	1,493	0,179	-0,105	0,101		0,80819
9	0,141	-0,239	0,241	-0,719	0,247	1,524	0,186	-0,096	0,104	-0,027	0,80829

Tabelle 23: Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten der Gruppe G
(130 Knaben und Mädchen von 2 Mon. - 7 Jahre)

Regr. Gleich. Nr.	Hautfaltenwerte X_1	X_6	X_5	X_4	X_8	X_9	X_0	X_7	X_3	X_2	r
0	0,383										0,43451
1	0,604	-0,415									0,62506
2	0,388	-0,576	0,588								0,68779
3	0,427	-0,418	0,678	-0,206							0,72076
4	0,319	-0,479	0,546	-0,238	0,157						0,75416
5 *	0,377	-0,415	0,538	-0,198	0,149	-0,135					0,76567
6	0,318	-0,408	0,478	-0,201	0,155	-0,157	0,773				0,77179
7	0,316	-0,452	0,367	-0,213	0,145	-0,147	0,859	0,140			0,77917
8	0,334	-0,437	0,439	-0,199	0,142	-0,149	0,937	0,141	-0,133		0,78093
9	0,331	-0,436	0,433	-0,203	0,141	-0,150	0,919	0,142	-0,131	0,0159	0,78097

* Nach dieser Gleichung wurde das Depotfett_H errechnet (vergl. S. 76 und 84)

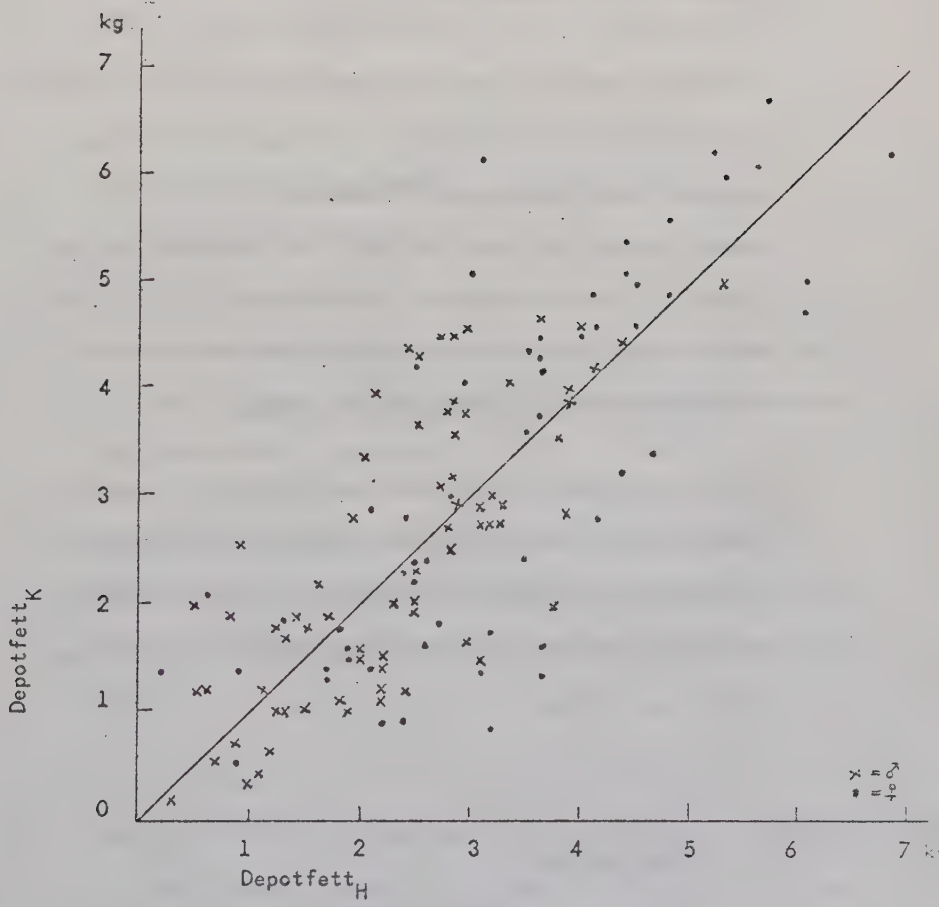


Abb. 4: Depotfett$_K$ von 130 Knaben und Mädchen, aufgetragen gegen Depotfett$_H$ (Vergl. Tabellen 15 und 16, S. 77 ff.)

VII. DISKUSSION

Es handelt sich bei unsern Versuchspersonen um ein ausgewähltes Kollektiv, nämlich meistens um rekonvaleszente oder um organisch nicht ganz gesunde Kinder.
Diese Tatsache läßt sich auch bei ihrer Einordnung in die Längen- und Gewichtsperzentile von MEREDITH (s. S. 51 und S. 94) und beim Vergleich unserer Hautfaltenmittelwerte mit Standardwerten (s. S. 95) objektiv erkennen.

Dies beeinträchtigt jedoch nicht den Aussagewert unserer Untersuchungen, denn es war nicht unser Ziel, Normalwerte zu erstellen, sondern die Zuverlässigkeit unserer Methode zu prüfen. Hierbei sind Abweichungen vom Normalen eher erwünscht als störend.

A) Länge und Gewicht

Die von uns untersuchten Kinder sind kleiner und vor allem leichter als sie - verglichen mit Normwerten - sein müssten (MEREDITH, 1969). Vergl. Tabelle 6 S. 51. Als Erklärung hierfür bietet sich der Umstand an, daß

es sich - mit wenigen Ausnahmen - um kranke Kinder handelt (Patienten der Universitäts-Kinderklinik Homburg/Saar).

B) Hautfalten-Mittelwerte

(S. Tabelle 11 und Tabelle 12)

Entsprechend dem niedrigen Gewicht unserer Kinder lagen ihre durchschnittlichen Hautfaltengrößen unter den Standardwerten in- und ausländischer Autoren.

Die Durchschnittswerte von MAASER et al., für westdeutsche Kinder von 1972, waren deutlich größer als unsere Werte (Ausnahme: Die Subscapularfaltendicke bei den 4 - 5-jährigen Mädchen.)

Beim Vergleich unserer Mittelwerte für die Trizeps- und Subscapularfalten mit den Medianen der Standardwerte von TANNER von 1962 (TANNER veröffentlichte nur Perzentile, keine Mittelwerte) waren unsere Werte ebenfalls kleiner, wobei sich für die Trizepshautfalten eine ausgeprägte, für die Subscapularhautfalten eine nur angedeutete Differenz abzeichnete.

(Verschiedenheit im Fettverteilungsmuster).

Der Kurvenverlauf unserer Werte entsprach - in großen Zügen - dem der Perzentile von TANNER: Höhepunkt bei ca. 1 Jahr, danach Abnahme bis zum 7. Lebensjahr.

Die von SHIH 1967 an Kindern aus Formosa ermittelten durchschnittlichen Trizeps- und Subscapularfalten-Werte waren ebenfalls größer als die Werte unserer Untersuchung.

Auch der Canadian Weight-Height Survey weist größere Durchschnittswerte für die Trizeps-Hautfalten auf (PETT and OGILVIE, 1956).

Im übrigen waren bei uns - entsprechend den Beobachtungen fast aller Autoren - die Mittelwerte der Hautfalten sowie der Hautfaltensummen für die Mädchen größer als für die Knaben (Ausnahme: die Hautfaltenwerte der 1-2-jährigen).

C) Übereinstimmung der Werte für $Fett_K$ und $Fett_H$

Bei unseren Untersuchungen zeigten die nach der Kalium-Methode und durch Hautfaltenmessungen ermittelten Werte für das Depotfett ($Fett_K$ und $Fett_H$) relativ gute Übereinstimmung.

Für die verschiedenen Untersuchungsgruppen ergaben sich - bei

Berechnung mittels der Regressionsgleichung mit 9 Hautfalten-Werten - für $Fett_K$ und $Fett_H$ folgende Korrelationskoeffizienten:

Gruppe A: 36 Knaben von 2 - 15 Monate (Tabelle 17)

$r = 0,73329$

Gruppe B: 36 Knaben von 15 Monate - 7 Jahre (Tabelle 18)

$r = 0,77723$

Gruppe C: 21 Mädchen von 2 - 15 Monate (Tabelle 19)

$r = 0,66152$

Gruppe D: 37 Mädchen von 15 Monate - 7 Jahre (Tabelle 20)

$r = 0,87140$

Gruppe E: 72 Knaben von 2 Monate - 7 Jahre (Tabelle 21)

$r = 0,76572$

Gruppe F: 58 Mädchen von 2 Monate - 7 Jahre (Tabelle 22)

$r = 0,80829$

Gruppe G: 130 Knaben und Mädchen von 2 Monate - 7 Jahre (Tabelle 23)

$r = 0,78097$

Ein Vergleich der Korrelationskoeffizienten der einzelnen Gruppen zeigt, daß bei Berechnung der $Fett_H$-Werte aller Kinder nach nur einer Regressionsgleichung die Übereinstimmung von $Fett_K$ und $Fett_H$ nicht abnahm.
Der Korrelationskoeffizient der Gruppe G liegt mit 0,78097 nicht unter dem Durchschnittswert der einzelnen Gruppen.

Deutliche Differenzen im Fettverteilungsmuster der Knaben und Mädchen und der jüngeren und älteren Kinder zeichnen sich also in den von uns durchgeführten Untersuchungen nicht ab.

Für die Gruppe C (21 Mädchen von 2 - 15 Monate) ergab sich der niedrigste Korrelationskoeffizient r = 0,66152. In diese zahlenschwächste Gruppe gehören 5 der 9 Kinder, die wegen besonders schlechter Übereinstimmung der $Fett_K$- und $Fett_H$-Werte auf S. 98 ff gesondert betrachtet wurden.

D) 9 Fälle mit geringer Übereinstimmung von $Fett_K$ und $Fett_H$

Es sind Kinder, bei denen die Differenz von $Fett_K$ und $Fett_H$ mehr als 2 kg betrug, oder bei denen das Verhältnis der beiden Fettwerte sich wie 1:3, 1:4 oder 1:5 verhielt.

(Vergl. Tab. 15 und 16 und Abb. 4). Bei Durchsicht ihrer Krankengeschichten wird versucht, eine Erklärung hierfür zu finden.

a) Knabe Nr. 7: K. A., geb. 7. 3. 1972

$Fett_K$ = 1,97230
$Fett_H$ = 0,45525

Differenz = 1,51705

$Fett_K : Fett_H$ = 4,3 : 1

Alter am Tag der Messung: 3 m 23 d

Diagnose: Zustand nach behandelter Dyspepsie

b) Knabe Nr. 12: M. M., geb. 18.11.1971

$Fett_K$ = 2,60823
$Fett_H$ = 0,93297

Differenz = 1,67526

$Fett_K : Fett_H$ = 2,8 : 1

Alter am Tag der Messung: 7 m 29 d

Diagnose: Leistenhernie rechts (vor der Op)

c) Knabe Nr. 26: J., geb. 26.6.1972

$Fett_K$ = 0,32917
$Fett_H$ = 0,99403

Differenz = 0,66487

$Fett_K$: $Fett_H$ = 1 : 3

Alter am Tag der Messung: 2 m 5 d

Diagnose: Mukoviszidose, Mekonium-Ileus (Op 5 Tage nach der Geburt)

d) Mädchen Nr. 5: L. E., geb. 1.11.1971

$Fett_K$ = 1,60752
$Fett_H$ = 3,72535

Differenz =-2,11783

$Fett_K$: $Fett_H$ = 1 : 2,3

Alter am Tag der Messung: 8 m

Diagnose: Zustand nach behandelter Dyspepsie

e) Mädchen Nr. 6: C. R., geb. 16.11.1971

$Fett_K$ = 2,08608
$Fett_H$ = 0,55749

Differenz = 1,52859

$Fett_K$: $Fett_H$ = 3,7 : 1

Alter am Tag der Messung: 8 m 16 d

Diagnose: einmalige, ungeklärte Apnoe

f) Mädchen Nr. 10: B. T., geb. 2.5.1972

$Fett_K$ = 1,29349
$Fett_H$ = 3,65723

Differenz = -2,36374

$Fett_K : Fett_H = 1 : 2,8$

Alter am Tag der Messung: 3 m 23 d

Diagnose: Gesunder Säugling (ambulante Routine-Untersuchung nach postnataler Hyperbilirubinämie)

g) Mädchen Nr. 14: P. H., geb. 28.6.1972

$Fett_K$ = 0,84938
$Fett_H$ = 3,20857

Differenz = -2,35919

$Fett_K : Fett_H = 1 : 3,7$

Alter am Tag der Messung: 2 m 3 d

Diagnose: Krampfanfälle

h) Mädchen Nr. 17: U. A., geb. 17.4.1972

$Fett_K$ = 1,36600
$Fett_H$ = 0,24986

Differenz = 1,11614

$Fett_K : Fett_H = 5,4 : 1$

Alter am Tag der Messung: 4 m 24 d

Diagnose: Gesunder Säugling (ambulante Kontrolle nach Frühgeburt

i) Mädchen Nr. 50: R. A., geb. 11.11.1965

$Fett_K$ = 6,21420
$Fett_H$ = 3,07282

Differenz = 3,14137

$Fett_K : Fett_H = 2 : 1$

Alter am Tag der Messung: 6 a 8 m 17 d

Diagnose: Meningitis, Struma mit hoher Jodanreicherung (vor Schilddrüsenszintigramm)

Aus den Diagnosen ergibt sich keine Erklärung für die schlechte Übereinstimmung der Meßergebnisse (Im Anschluß an eine Dyspepsie war bei a) $Fett_K$ größer als $Fett_H$; bei d) war umgekehrt $Fett_K$ kleiner als $Fett_H$).

Auffallend ist jedoch, daß von den oben angeführten 9 Kindern 8 zum Zeitpunkt der Messung unter 9 Monate alt waren. Es ergibt sich folgende Verteilung der Abweichler:

40 Kinder von 2 - 9 Monate: 8 Abweichler

90 Kinder von 9 Monate bis 7 Jahre: 1 Abweichler

Diese Beobachtungen decken sich mit dem Kommentar des Committee on Nutrition, American Academy of Pediatrics von 1968, in dem auf die Schwierigkeiten bei Hautfaltenmessungen und -beurtei-

lungen im Neugeborenen-, Säuglings- und Kleinkindesalter hingewiesen wird (Vergl. S. 38).

E) Aussagekraft der von uns gemessenen Hautfalten und Vergleich mit der Hautfalten-Signifikanz in der Literatur

Aus den Regressionsgleichungen für die verschiedenen Untersuchungsgruppen (Tab. 17 - 23) geht die Reihenfolge der Hautfaltensignifikanz hervor:

Gruppe A: 36 Knaben, 2 - 15 Monate	1	3	9	X_0	6	7	4	5	8	2
Gruppe B: 36 Knaben, 15 Monate - 7 Jahre	3	8	4	9	5	X_0	6	2	1	7
Gruppe C: 21 Mädchen, 2 - 15 Monate	X_0	9	8	2	4	1	6	3	5	7
Gruppe D: 37 Mädchen, 15 Monate - 7 Jahre	8	X_0	7	9	5	3	1	2	4	6

Gruppe E: 72 Knaben- 2 Monate - 7 Jahre	1	6	X_0	4	8	5	3	9	7	2
Gruppe F: 58 Mädchen, 2 Monate - 7 Jahre	1	9	8	6	7	X_0	5	4	3	2
Gruppe G: 130 Kinder, 2 Monate - 7 Jahre	1	6	5	4	8	9	X_0	7	3	2

X_0 = Konstante der Regressionsgleichungen

Obige Aufstellung zeigt, daß bei 4 der 7 Untersuchungsgruppen die Trizeps-Hautfalten = Nr. 1 die höchste Signifikanz aufwies. Zu diesen 4 Untersuchungsgruppen gehören unsere 3 zahlenstärksten (E, F, G).

Auch in der Literatur gilt die Trizeps-Hautfalte fast übereinstimmend als am aussagekräftigsten. Vergl. die Empfehlungen des Expert Committee on Medical Assessment of Nutritional Status der WHO von 1963 (SELTZER et al., 1965 Lit. Nr. 168). Bei den Standardwerten bzw. Reihenuntersuchungen einiger Autoren wurde als einziger Hautfaltenwert der über dem Trizeps lokalisierte berücksichtigt (PETT and OGILVIE, 1956, 1957, RAUH and SCHUMSKY, 1968).

Bei der Untersuchungsgruppe B weist die Subscapularfalte = Nr. 3 die höchste und in der Gruppe A die zweithöchste Signifikanz auf. Auch in der Literatur zählt sie zu den aussagekräftigsten Falten. In einer Veröffentlichung von 1971 geben ihr GARN et al. vor der Trizepsfalte den Vorzug, vergl. S. 33.
Einige Autoren führen in ihren Standardwerten die Trizeps- und die Subscapular-Falte an (CORBIN, 1969, GRIMM, 1970, JENICEK et al., 1972, MONTOYE et al., 1965, SHIH, 1967, TANNER et al., 1962).

TANNER gibt in neueren Empfehlungen für das International Biological Program (I.B.P.) außer den Trizeps- und Subscapular-Hautfalten noch die Suprailiacal-Falte als sehr aussagekräftig an (zit. nach SHEPHARD et al., 1969). Bei Ermittlung der Standardwerte für die westdeutschen und die südchinesischen Kinder wurden ebenfalls diese 3 Hautfalten gemessen (FRY et al., 1968, MAASER et al., 1972).
Bei unsern Untersuchungen zeigte sich die Suprailiacal-Falte = Nr. 6 in zwei der drei zahlenstärksten Untersuchungsgruppen als zweitsignifikanteste Falte.
Die Hautfalte Nr. 8 = auf der Mitte der Oberschenkelvorderseite, die in der Literatur bei den Standardwerten für Haut-

falten keine Berücksichtigung fand, zeigte sich bei unseren Messungen in der Gruppe D als aussagekräftigste, in Gruppe B als zweitaussagekräftigste Falte. Sie weist also bei unseren Untersuchungen eine Signifikanz von ungefähr der gleichen Höhe wie die Subscapularfalte auf.

Der Hautfalte über dem Bizeps = Nr. 2 kommt in 4 unserer 7 Untersuchungsgruppen die geringste Signifikanz zu (in denselben 4 Gruppen erwies sich die Trizepsfalte als am aussagekräftigsten!). Die Abdominalfalte = Nr. 7 erwies sich als zweitaussageschwächste Falte.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 130 Kindern (72 Knaben und 58 Mädchen) von 2 Monaten bis 7 Jahre wurden an 9 Körperstellen das Unterhautfettgewebe in Form von Hautfalten mit einem speziell hierfür konstruierten Zirkel, dem Harpenden Skinfold Caliper, gemessen. Durch multiple lineare Regressionsanalysen wurden diejenigen Hautfalten ermittelt, die für den Gesamtfettgehalt repräsentativ waren. Die Absolutwerte des Depotfetts wurden errechnet durch Anwendung verschiedener Regressionsgleichungen, die sich auf die Gesamtheit der Kinder oder auf einzelne Gruppen (Unterteilung nach Alter und Geschlecht) bezogen.

Gleichzeitig wurde bei denselben Kindern mit Hilfe des Kaliumgehalts eine zweite Depotfettbestimmung vorgenommen. Die Werte des Gesamtkaliums wurden durch Ganzkörpermessung der natürlichen ^{40}K-Radioaktivität im baby counter ermittelt.

Ein Vergleich beider Fettwerte ergab eine recht gute Übereinstimmung.

Bei Berechnung der Depotfettwerte aller Kinder nach einer gemeinsamen Regressionsgleichung nahm die Genauigkeit nicht ab. Der Korrelationskoeffizient beider Fettwerte lag hier mit 0,78097 nicht unter dem durchschnittlichen Wert der Einzel-

gruppen. Für den untersuchten Altersabschnitt erwies sich also die Berücksichtigung von Geschlecht und Alter als unnötig; Differenzen im Fettverteilungsmuster wurden somit nicht festgestellt.

Von 9 Kindern mit sehr schlechter Übereinstimmung der $Fett_K$- und $Fett_H$-Werte gehörten 8 zu den 40 unter 9 Monate und nur eines zu den 90 von 9 Monate bis 7 Jahre alten Kindern. Bei Säuglingen erwies sich die Hautfaltenmessung also als nicht so zuverlässige Methode zur Depotfett-Bestimmung wie bei älteren Kindern. Größe und vor allem Gewicht unserer Kinder lagen unter den Standardwerten von MEREDITH. Entsprechend waren die Mittelwerte der von uns gemessenen Hautfalten kleiner als die Standardwerte in- und ausländischer Autoren (Als Erklärung hierfür bietet sich die Tatsache an, daß von uns überwiegend kranke Kinder gemessen worden waren).

In Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen und Empfehlungen hierfür kompetenter Autoren wies bei unseren Messungen die Trizeps-Hautfalte die höchste Signifikanz auf, gefolgt von der Subscapular- und Suprailiacal-Falte. Die Hautfalte über dem Bizeps zeigte sich als am wenigsten aussagekräftig.

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist also die Caliper-messung bei Kindern von 2 Monaten bis 7 Jahre eine Methode zur Depotfettbestimmung, die - bei einfacher Durchführung - für klinische Bedürfnisse ausreichend exakte Ergebnisse liefert.

IX. LITERATUR - VERZEICHNIS

1. AKERS, R. and BUSKIRK, E.R.: An underwater weighing system utilising "force cube" transducers. J. appl. Physiol. 26, (1969): 649-652

2. ALBRINK, M.J. and MEIGS, J.W.: Interrelationship between skinfold thickness, serum lipids and blood sugar in normal men. Amer. J. clin. Nutr. 15, (1964): 255-261

3. ALBRINK, J.J. and MEIGS, J.W.: Serum lipids, skinfold thickness, body bulk and body weight of native Cape Verdeans, New England Cape Verdeans and United States factory workers. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 344-352

4. ALLEN, T.H., PENG, M.T., CHEN, K.P., HUANG, T.F., CHANG, C. and FANG, S.H.: Pediction of total adiposity from skinfolds and the curvilinear relationship between external and internal adiposity. Metabolism 5, (1956): 346-352

5. ALLEN, T.H., ANDERSON, E.C. and LANGHAM, W.H.: Total body potassium and gross body composition in relation to age. J. Geront. 15, (1960): 348-357

6. ANDERSON, E.C. and LANGHAM, W.H.: Average potassium concentration of the human body as a function of age. Science 130, (1959): 713-714

7. ANDERSON, E.C.: Three-component body composition analysis based on potassium and water determination. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 189-210

8. APPENZELLER, O. and LORENTZ, I.T.: Skinfold thickness in acute "Strokes". Geront clin. 6, (1964): 109-113

9. ARESKOG, N.H., SELINUS, R. and VAHLQUIST, B.: Physical work capacity and nutritional status in Ethiopian male children and young adults. Amer. J. clin. Nutr. 22, (1969): 471-480

10. BAKER, P.T., HUNT, E.E. and SEN, T.: The growth and interrelations of skinfolds and brachial tissues in man. Am. J. Phys. Anthrop. 16, (1958): 39-58

11. BARTER, J. and FORBES, G.B.: Correlation of potassium-40 data with anthropometric measurements. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110, (1963): 264-270

12. BEHNKE, A.R., FEE, G.B. and WELHAM, W.C.: The specific gravity of healthy men. J. Amer. med. Ass. 118, (1942): 495-501

13. BEHNKE, A.R.: Anthropometric evaluation of body composition throught life. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110, (1963): 450-464

14. BEST, E.W.R.: An improved caliper for measurement of skinfold thickness. J. Lab. clin. Med. 43, (1954): 967

15. BLOMQUIST, B., BÖRJESON, M., LARSSON, Y., PERSSON, B. and STERKY, G.: The effect of physical activity on the body measurements and work capicity of overweight boys. Acta paediat. (Uppsala) 54, (1965): 566-572

16. BLUMENSTOCK, J.W.: Determination of total body fat. Med. Bull. U.S. Army, Europe 20, (1963): 302-303

17. BÖRJESON, M.: Overweight children. Acta paediat. (Uppsala) 51, (Suppl. 132) (1962): 1-76

18. BOOTH, R.A.D., GODDARD, B.A. and PANTON, A.: Measurement of fat thickness in man: a comparison of ultrasound, Harpenden calipers and electrical inductivity. Brit. J. Nutr. 20, (1966): 719-725

19. BROOK, C.G.D.: Determination of body composition of children from skinfold measurements. Arch. Dis. Childh. 46, (1971): 182-184

20. BROZEK, J. and KEYS, A.: The evaluation of leanness-fatness in man: Norms and interrelationships. Brit. J. Nutr. 5, (1951): 194-206

21. BROZEK, J.: Changes of body composition in man during maturity and their nutritional implications. Fed. Proc. 11, (1952): 784-793

22. BROZEK, J.: Physique and nutritional status of adult men. Hum. Biol. 28, (1956): 124-140

23. BROZEK, J. and MORI, H.: Some interrelationships between somatic, roentgenographic and densitometric criteria of fatness. Hum. Biol. 30, (1958): 322-336

24. BROZEK, J., MORI, H. and KEYS, A.: Estimation of total body fat from roentgenograms. Science 128, (1958): 901

25. BROZEK, J. and KINZEY, W.: Age changes in skinfold compressibility. J. Geront. 15, (1960): 45-51

26. BROZEK, J., GRANDE, F., ANDERSON, J.T. and KEYS, A.: Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitativ assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110, (1963): 113-140

27. BROZEK, J.: Changements avec l'age et variations sexuelles des constituantes du corps chez l'enfant et chez l'adolescent. Biotypologie 26, (1965): 98-144

28. BROZEK, J.: Body composition: Models and estimation equations. Am. J. Phys. Anthrop. 24, (1966): 239-246

29. BUGYI, B.: Vergleiche einiger Methoden zur Bestimmung des Körperfettes und des Magergewichtes bei Jugendlichen. Z. Ernährungsw. 10, (1971): 364-381

30. BULLEN, B.A.: Ultrasonic reflections used for measuring subcutaneous fat in humans. Hum. Biol. 37, (1965): 375-384

31. BURMEISTER, W.: Der Extrazellular- (Thiosulfat) Raum im menschlichen Organismus während des Wachstums. Ann. Univ. Saraviensis Med. 9, (1961/62): 167-219

32. BURMEISTER, W.: Moderne Wege zur Erfassung der Körperzusammensetzung. Med. Mschr. 12, (1965): 530-533

33. BURMEISTER, W.: Potassium-40 content as a basis for the body cell mass in man. Science 148, (1965): 1336-1337

34. CARDUS, D., MCTAGGART, W.G. and YOUNG, C.L.: Effect of exercise on determination of total body water by tritium oxide. J. appl. Physiol. 27, (1969): 1-3

35. CARTER, J.E.L. and PHILLIPS, W.H.: Structural changes in exercising middle - aged males during a 2-year period. J. appl. Physiol. 27, (1969): 787-794

36. CHRISTAKIS, G., MIRIDJANIAN, A., NATH, L., KHURANA, H.S., COWELL, C., ARCHER, M., FRANK, O., ZIFFER, H., BAKER, H. and JAMES, G.: A nutritional epidemiologics investigation of 642 New York city children. Amer. J. clin. Nutr. 21, (1968): 107 - 126

37. CLARKE, R.P., MERROW, S.B., MORSE, E.H. and KEYSER, D.E.: Interrelationship between plasma lipids, physical measurements and body fatness of adolescents in Burlington Vermont. Amer. J. clin. Nutr. 23, (1970): 754-763

38. CLOUD, H.H.: Heights, weights, Trizeps skinfold measurements, hematocrits and dietary intakes of four-year-old children in Day Care centers and at home in Birmingham, Jefferson County, Alabama, 1967. (Thesis, Department of Food and Nutrition). University Alabama 1967.

39. COMMITTEE ON NUTRITION, AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS:
Measurements of skinfold thickness in childhood. Pediatrics 42, (1968): 538-543

40. COMMITTEE ON NUTRITIONAL ANTHROPOMETRY. NATIONAL RESEARCH COUNCIL:
Body measurement and human nutrition. Ed: Brozek, J., Wayne State University Press 1956.

41. COMSTOCK, W.G. and LIVESAY, V.:
Subcutaneous fat determinations from a community-wide chest x-ray survey in Muscogee County, Georgia. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 457-491

42. CORBIN, C.B.:
Standards of subcutaneous fat applied to percentile norms for elementary school children. Amer. J. clin. Nutr. 22, (1969): 836-841

43. COSTILL, D.L., BOWERS, R. and KAMMER, W.F.:
Skinfold estimates of body fat among Marathon runners. Med. Sci. Sports 2, (1970): 93-95

44. CRISPIN, S., KERREY, E., METZ-FOX, H. and KIES, C.:
Nutritional status of preschool children. II. Anthropometric measurements and Interrelationships. Amer. J. clin. Nutr. 21, (1968): 1280-1284

45. CROOK, G.H., BENNETT, C.A., NORWOOD, W.D. and MAHAFFEY, J.A.:
Evaluation of skinfold measurements and weight chart to measure body fat. J. Amer. med. Ass. 198, (1966): 157-162

46. DAMON, A. and GOLDMAN, R.F.:
Predicting fat from body measurements: Densitometric validation of ten anthropometric equations. Hume. Biol. 36, (1964): 32-44

47. DAMON, A.: Notes on anthropometric technique: II. Skinfolds - right and left sides; held by one or two Hands. Am. J. Phys. Anthrop. 23, (1965): 305-306

48. DOCUMENTA GEIGY: Zusammensetzung des menschlichen Körpers, durch chemische Analyse bestimmt. Hrsg.: J. R. Geigy, A.G., Basel (1969): 513

49. DOCUMENTA GEIGY: Nomogram zur Bestimmung der Körperoberfläche aus Größe und Gewicht. Hrsg.: J. R. Geigy A.G., Basel (1969): 533-534

50. DUGDALE, A.E., CHEN, S.T. and HEWITT, G.: Patterns of growth and nutrition in childhood. Amer. J. clin. Nutr. 23, (1970): 1280-1287

51. DUGDALE, A.E.: An age-independent anthropometric index of nutritional status. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 174-176

52. DURNIN, J.V.G.A. and RAHAMAN, M.M.: The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. Brit. J. Nutr. 21, (1967): 681-689

53. EDWARDS, D.A.W.: Differences in the distribution of subcutaneous fat with sex and maturity. Clin. Sci. 10, (1954): 305-315

54. EDWARDS, A.D., HAMMOND, W.H., HEALY, M.J.R., TANNER, J.B. and WHITEHOUSE, R.H.: Design and accuracy of calipers for measuring subcutaneous tissue thickness. Brit. J. Nutr. 9, (1955): 133-143

55. EDWARDS, K.D.G. and WHITHE, H.J.: The simple measurement of obesity. Clin. Sci. 22, (1962): 347-352

56. EKSMYR, R.: Anthropometry in previleged Ethiopian preschool children. Acta paediat. (Uppsala) 59, (1970): 157-173

57. EKSMYR, R.: Anthropometry in Ethiopian private school children. CNU Report No. 40 Nutr. Metabol. 13, (1971) 7-20

58. EKSMYR, R. and ENGSNER, G.: Skinfold thickness in Ethiopian school boys. Environmental Child Health (1971): 110-112

59. ELSNER, R.W.: Skinfold thickness in primitive people native to cold climates. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 503-514

60. ETIENNE, M.: Donnés sémiologiques sur l'obésité. Sem. Hop. Paris 32, (1956): 2787

61. EXPERT COMMITTEE ON MEDICAL ASSESSMENT OF NUTRITIONAL STATUS: Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser. No 258 (1963)

62. FABRY, P., HEJDA, S., CERNY, K., OSANCOVA, K. and PECHAR, J.: Effect of meal frequency in school children. Changes in weight-height proportion and skinfold thickness. Amer. J. clin. Nutr. 18, (1966): 358-361

63. FARR, V.: Skinfold thickness as an indication of maturity of the newborn. Arch. Dis. Child. 41, (1966): 301-308

64. FELGENTREU, P.: Hautfaltendickenmessungen an der Schuljugend einer mitteldeutschen Industriestadt (Karl-Marx-Stadt). Med. Diss. Berlin (Humboldt Univ.) 1966

65. FERNANDEZ, N.A., BURGOS, J.C., ASENJO, C.F. and ROSA, J.R.: Nutrition survey of two rural Puerto Rican areas before and after a community improvement program. Amer. J. clin. Nutr. 22, (1969): 1639-1652

66. FLETCHER, R.F.: The measurement of total body fat with skinfold calipers. Clin. Sci. 22, (1962): 333-346

67. FORBES, G.B.: Total sodium, potassium and chloride in adult man. J. clin. Invest. 35, (1956): 596

68. FORBES, G.B., GALLUP, J. and HURSH, J.B.: Estimation of total body fat from potassium-40 content. Science 133, (1961): 101-102

69. FORBES, G.B. and HURSH, J.B.: Age and sex in human body mass calculated from ^{40}K measurements. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 255-263

70. FRIIS-HANSEN, B.: Hydrometry of growth and aging. in: Human body composition. Ed.: Brozek, J., Pergamon Press, Oxford, England (1965): 191-209

71. FRISANCHO, A.R. and GARN, S.M.: Skinfold thickness and muscle size: Implications for developmental status and nutritional evaluation of children from Honduras. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 541-547

72. FROMBERG, G.: Depotfettbestimmung durch Hautfaltenmessung. Med. Diss. Homburg/Saar (Univ. Saraviensis) 1969.

73. FRY, E.I.: A gown for measuring subcutaneous tissue in females. Am. J. Phys. Anthrop. 17, (1959): 75-76

74. FRY, E.I., CHANG, K.S.F., LEE, M.M.C. and NG, C.K.: The amount and distribution of subcutaneous tissue in southern Chines children from Hong Kong. Am. J. Phys. Anthrop. 23, (1965): 69-79

75. FRY, P.C., FOX, H.M. and FRY, E.I.: Effect of diet on skinfold measurements and creatinine and urea excretion of Hong Kong Chinese children. Amer. J. clin. Nutr. 21, (1968): 1197-1201

76. GARN, S.M.: Fat patterning and fat intercorrelations in the adult male. Hum. Biol. 26, (1954): 59-69

77. GARN, S.M.: Fat thickness and growth progress during infancy. Hum. Biol. 28, (1956): 232-250

78. GARN, S.M. and GORMAN, E.L.: Comparison of pinch-caliper and teleroentgenogrammetric measurements of subcutaneous fat. Hum. Biol. 28, (1956): 407-413

79. GARN, S.M.: Roentgenogrammetric determinations of body composition. Hum. Biol. 29, (1957): 337-353

80. GARN, S.M.: Fat, body size and growth in the newborn. Hum. Biol. 30, (1958): 265

81. GARN, S.M.: Radiographic analysis of body composition. Techniques for measuring body composition. National Academie of Sciences - National Research Council. Eds.: Brozek, J. and Henschel, A., Washington D.C. (1961): 36

82. GARN, S.M., ROSEN, N.N. and MCCANN, M.B.: Relative values of different fat folds in a nutritional survey. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 1380-1382

83. GRIMM, H.: Einige körperbauliche Unterschiede zwischen sportschwachen und sporttüchtigen Schülerinnen der 10. Klasse. Ärztl. Jugendkd. 57, (1966): 394-399

84. GRIMM, H.: Die ersten 3500 Messungen der Hautfaltendicke in Bevölkerungsgruppen aus der DDR. Biol. Rundsch. 4, (1966): 160-162

85. GRIMM, H.: Die Hautfalten-Dickenmessung im Dienst der Funktionsdiagnostik. Z. ärztl. Fortbild. 62, (1968): 1019-1021

86. GRIMM, H.: Die Hautfaltendicke bei Kindern und Jugendlichen in der Deutschen Demokratischen Republik. Ärztl. Jugendkd. 61, (1970): 526-534

87. HAASE, K.E. und HOSENFELD, H.: Zur Fettsucht im Kindesalter. Z. Kinderheilk. 78, (1956): 1

88. HAMMOND, W.H.: Measurement and interpretation of subcutaneous fat, with norms for children and young adult males. Brit.J.prev.soc.Med. 9, (1955): 201-211

89. HAMPTON, M.C., HUENEMANN, R.L., SHAPIRO, L.R., MITCHELL, B.W. and BEHNKE, A.R.: A longitudinal study of gross body composition and body conformation and their association with food and activity in a teen-age population. - Amer.J.clin.Nutr. 19, (1966): 422-435

90. HEALD, F.P., HUNT, E.E., SCHWARTZ, R., COOK, C.D., ELLIOT, O. and VAJDA, B.: Measures of body fat and hydration in adolescent boys. Pediatrics 31, (1963): 226-239

91. HEALD, F.P. and HOLLANDER, R.J.: The relationship between obesity in adolescence and early growth. J. Pediat. 67, (1965): 35-38

92. HOFFER, E.C., MEADOR, C.K. and SIMPSON, D.C.: Correlation of whole body impedance with total body water volume. J. appl. Physiol. 27, (1969): 531-534

93. HOFVANDER, Y. and EKSMYR, R.: An applied nutrition program in an Ethiopian rural community. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 578-591

94. HOFVANDER, Y. and EKSMYR, R.: Anthropometry of children in a typical rural district and an urban slum area in Ethiopia. A cross-sectional survey of 1039 children. Courrier 21, (1971): 1-4

95. HOWELL, M.L., MONGRIEFF, J. and MORFORD, W.R.: Relationship between human buoyancy measures, specific gravity and estimated body fat in adult males. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ. 33, (1962): 400-404

96. HUBER, E.G.: On the origin of juvenil obesity. Wien. med. Wschr. 111, (1961): 367

97. HUME, R.: Prediction of lean body mass from height and weight. J. clin. Path. 19, (1966): 389 - 391

98. JANSEN, A.A.J.: Skinfold measurements from early childhood to adulthood in Papuas from Western New Guinea. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 515-531

99. JELLIFFE, D.B.: The assessment of the nutritional status of the community. Wld Hlth Org. Monogr. Ser. No 1712 (1966)

100. JELLIFFE, E.F.P. and JELLIFFE, D.B.: The arm circumference as a public health index of protein calorie malnutrition in early childhood. J. trop. Ped. Monogr. No 8 (1969)

101. JELLIFFE, D.B. and JELLIFFE, E.F.P.: Age-independent anthropometry. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 1377-1379

102. JENICEK, M. and DEMIRJIAN, A.: Triceps and subscapular skinfold thickness in French-Canadian school-age children in Montreal. Amer. J. clin. Nutr. 25, (1972): 576 - 582

103. JOKL, E.: Nutrition, exercise and body composition. Charles C. Thomas, Springfield (III(1964

104. KATCH, F.I. and MICHAEL, E.D.: Prediction of body density from skinfold and girth measurements of college females. J. appl. Physiol. 25, (1968): 92-94

105. KEET, M.P., HANSEN, J.D.L. and TRUSWELL, A.S.: Are skinfold measurements of value in the assessment of suboptimal nutrition in young children? Pediatrics 45, (1970): 965-972

106. KEYS, A. and BROZEK, J.: Body fat in adult men. Physiol. Rev. 33, (1953): 245-325

107. KIREILIS, R.W. and CURETON, T.K.: The relationship of external fat to physical education activities and fitness tests. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ. 18, (1947): 123-134

108. KONRAD, K.: Die Beziehungen zwischen Kaliumgehalt und Kreatininausscheidung während des Wachstums. Med. Diss. Homburg/Saar (Univ. Saraviensis) 1968

109. KRZYWICKI, H.J., CONSOLAZIO, C.F., MATOUSH, L.L. and JOHNSON, H.L.: Metabolic aspects of acute starvation. Body composition changes. Amer. J. clin. Nutr. 21, (1968): 107-126

110. LANGE, K.O. and BROZEK, J.: A new model of skinfold calipers. Am. J. Phys. Anthrop. 19, (1961): 98

111. LISKOVA, I., OSTADAL, B. and RAKUSAN, K.: A longitudinal study of skinfold thickness in human infants. Physiol. bohemoslov. 12, (1963): 248-250

112. LUYKEN, R. and LUYKEN-KONING, W.M.: Studies on Physiology of nutrition in Surinam. XII. Nutrition and development in musculatur, skeletal and adipose tissues in Surinam children. Amer. J. clin. Nutr. 22, (1969): 519-527

113. LYNCH, G.P. and WELLINGTON, G.H.: Predicting the whole body composition of living hogs from specific gravity determination. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 318-326

114. MAASER, R. and CHATTERJEE, G.: Über die Häufigkeit der Überernährung 6-10jähriger Kinder. Med. u. Ernähr. 12, (1971): 26-28

115. MAASER, R.: Die Ultraschallmessung der subcutanen Fettgewebsdicke zur Beurteilung des Ernährungszustandes von Kindern. Z. Kinderheilk. 112, (1972): 321 - 331

116. MAASER, R., STOLLEY, H. und DROESE, W.: Die Hautfaltenmessung mit dem Caliper - II. Standardwerte der subcutanen Fettgewebsdicke 2-14jähriger gesunder Kinder. Mschr. Kinderheilk. 120, (1972): 350-353

117. MACNAB, R.B.J., CONGER, P.R. and TAYLOR, P.S.: Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women. J. appl. Physiol. 27, (1969): 644-648

118. MALCOLM, L.A.: Growth, malnutrition and mortality of the infant and toddler in the Asai Valley of the New Guinea Highlands. Amer. J. clin. Nutr. 23, (1970): 1090-1095

119. MALINA, R.M.: Patterns of development in skinfolds of negro and white Philadelphia children. Hum. Biol. 38, (1966): 89-103

120. MALINA, R.M.: Quantification of fat, muscle and bone in man.
Clin. Orthop. 65, (1969): 9-38

121. MALINA, R.M.: Skinfold - body weight correlations in negro and white children of elementary school age.
Amer. J. clin. Nutr. 25, (1972): 861 - 864

122. MATIEGKA, J.: The testing of physical efficiency.
Am. J. Phys. Anthrop. 4, (1921): 223-230

123. MATT, G.: Die schrittweise Regressionsanalyse und ihre Anwendungsmöglichkeit im kaufmännischen Bereich.
Referat auf der Sitzung d. AKUR-Kostenfragen, Frankfurt, 8.3.1963

124. MAYER, J.: Some aspects of the problem of regulation of food intake and obesity.
New Engl. J. Med. 274, (1966): 610-616

125. MENDEZ, J., PROKOP, E., PICON-REATEGUI, E., AKERS, R. and BUSKIRK, E.R.: Total body water by D_2O dilution using salvia samples and gas chromatography.
J. appl. Physiol. 28, (1970): 354-357

126. MEREDITH, H.V.: Percentiles for weight and height. in: Textbook of Pediatrics.
Eds.: Nelson, W.E., Vaughan, V.C. and McKAY, R.J.
W.B. Saunders, Philadelphia 1969.

127. MERROW, S.B.: Triceps skinfold thickness of Vermont adolescents.
Amer. J. clin. Nutr. 20, (1967): 978-985

128. MICHAEL, E.D. and KATCH, F.I.: Prediction of body density from skinfold and girth measurements of 17-year-old boys. J. appl. Physiol. 25, (1968): 747-750

129. MÖHR, M.: Anthropometrische Untersuchungen zur Kennzeichnung des Ernährungszustandes. Dtsch. Gesundh.-Wes. 22, (1967): 1853

130. MÖHR, M.: Zur metrischen Bestimmung des Körperbautyps und die Verteilung der Typen bei Industriearbeitern und -arbeiterinnen der DDR. Dtsch. Gesundh.-Wes. 24, (1969): 954

131. MÖHR, M.: Körperstruktur und Körperzusammensetzung unter den Aspekten des Sexualdimorphismus bei Werktätigen der Industrie. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-Nat. R. XVIII, (1969): 899-903

132. MONTOYE, H.J., EPSTEIN, F.H. and KJELSBERG, M.O.: The measurement of body fatness. A study in a total community. Amer. J. clin. Nutr. 16, (1965): 417-427

133. MOODY, D.L., KOLLIAS, J. and BUSKIRK, E.R.: The effect of a moderate exercise program on body weight and skinfold thickness in overweight college women. Med. Sci. Sports 1, (1969): 75-80

134. MYHRE, L.G. and KESSLER, W.V.: Body density and potassium-40 measurements of body composition as related to age. J. appl. Physiol. 21, (1966): 1251 - 1255

135. NAGAMINE, S. and SUZUKI, S.: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Hum. Biol. 36, (1964): 8-15

136. NEWMAN, R.W.: Skinfold measurements in young American males. Hum. Biol. 28, (1956): 154-164

137. NOVAK, L.P.: Age and sex differences in body density and creatinin excretion of high school children. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110, (1963): 545-577

138. NOVAK, L.P.: Total body water and solids in six to seven-year-old children: Differences between the sexes. Pediatrics 38, (1966): 483-489

139. NOVAK, L.P., HAMAMOTO, K., ORVIS, A.L. and BURKE, E.C.: Total body potassium in infants. Amer. J. Dis. Child. 119, (1970): 419-423

140. OSCAI, L.B. and WILLIAMS, B.T.: Effect of exercise on overweight middle-aged males. J. Amer. Geriat. Soc. 16, (1968): 794-797

141. OSTER, A.: Fettsucht und Übergewicht im Kindes- und Jugendalter. - Erfahrungen des Schularztes und Ergebnisse von Diätkuren. Mschr. Kinderheilk. 118, (1970): 338

142. OWEN, G.M., JENSEN, R.L. and FOMON, S.J.: Sexrelated difference in total body water and exchangeable chloride during infancy. J. Pediat. 60, (1962): 858-868

143. OWEN, G.M., FILER, L.J., MARESH, M. and FOMON, S.J.: Body composition of the infant. Part II: Sex-related differences in body composition in infancy.. In: Human development. Ed.: Falkner, F. W. B. Saunders, Philadelphia 1966

144. PAERISCH, J. und PAERISCH, M.: Messungen der Schichtstärke des menschlichen Unterhautfettgewebes mit dem Ultraschall-Impulsverfahren. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 276, (1963): 437

145. PARIZKOVA, J.: Development of subcutaneous fat in normal and obese children. Physiol. bohemoslov. 9, (1960): 516

146. PARIZKOVA, J.: Total body fat and skinfold thickness in children. Metabolism 10, (1961): 794-807

147. PARIZKOVA, J.: Impact of age, diet and exercise on man's body composition. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110, (1963): 661-674

148. PARIZKOVA, J.: The development of lean body mass and depot fat during ontogenie. Csl. Pediat. 25, (1970): 469-473

149. PARIZKOVA, J., EISELT, E., SPRYNAROVA, S. and WACHTLOVA, M.: Body composition, aerobic capacity and density of muscle capillaries in young and old men. J. app. Physiol. 31, (1971): 323-325

150. PASCALE, L.R., GROSSMAN, M.I., SLOANE, H.S. and FRANKEL, T.: Correlations between thickness of skinfolds an body density in 88 soldiers. Hum. Biol. 28, (1956): 165-176

151. PETRASEK, R., RATH, R. and MASEK, J.: On the ratio of body fat in relation to different factors. Rev. Czech. Med. 11, (1965): 251-258

152. PETT, L.B. and OGILVIE, G.F.: The Canadian weight - height survey. Hum. Biol. 28, (1956): 177-188

153. PETT, L.B. and OGILVIE, G.F.: The report on Canadian average weights, heights and skinfolds. Canad. Bull. Nutr. 5, (1957): 1

154. PISCOPO, J.: Skinfold and other anthropometrical measurements of preadolescent boys from three ethnic groups. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ. 33, (1962): 255

155. POLLOCK, M.L., MILLER, H.S., JANEWAY, R., LINNERUD, A.C., ROBERTSON, B. and VALENTINO, R.: Effects of walking on body composition and cardiovascular function of middle-aged men. J. appl. Physiol. 30, (1971): 126-130

156. QUAADE, F.: Obese Children. Anthropology and environment. Danish Science Press LTD. Copenhagen 1955

157. RATHBUN, E.N. and PACE, N.: Studies on body composition. I. The determination of total body fat by means of the body specific gravity. J. biol. Chem. 158, (1945): 667-691

158. RAUH, J.L. and SCHUMSKY, D.A.: An evaluation of Trizeps skinfold measures from urban school children. Hum. Biol. 40, (1968): 363-474

159. REYNOLDS, E.L. and GROTE, P.: Sex differences in the distribution of tissue components in the human leg from birth to maturity. Anat. Rec. 102, (1948): 45-53

160. RICKER, P.: Nouv. Iconogr. Salpet. 3, (1910): 20

161. ROBINOW, M. and JELLIFFE, D.B.: Intercorrelations between anthropometric variables. A contribution to nutritional Anthropometry of infancy and early childhood in Developing Countries. Probl. Wld Nutr. 4, (1966): 144-147

162. ROBSON, J.R.K.: Skinfold thicknesses in apparently normal African adolescents. J. trop. Med. Hyg. 67, (1964): 209 - 210

163. ROBSON, J.R.K., BAZIN, M. and SODERSTROM, R.: Ethnic differences in skinfold thickness. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 864-868

164. ROMAHN, A.: Der Kaliumbestand von Säuglingen und Kindern unter normalen und pathologischen Bedingungen. Ann. Univ. Saraviensis Med. 17, (1970): 85-164

165. ROMAHN, A. und BURMEISTER, W.: Gesamtkaliumbestimmung bei Säuglingen und Kleinkindern mit einem Babycounter. Arch. Kinderheilk. 180, (1970): 239-249

166. SCHLOERB, P.R., FRIIS-HANSEN, B.J., EDELMAN, I.S. SALOMON, A.K. and MOORE, F.D.: The measurement of total body water in the human subject by deuterium oxide dilution. J. clin. Invest. 29, (1950): 1296-1310

167. SELTZER, C.C. and MAYER, J.: A simple criterion of obesity. Postgrad. Med. 38, (1965): A 101 - A 107

168. SELTZER, C.C., GOLDMAN, R.F. and MAYER, J.: The Triceps skinfold as a predictive measure of body density and body fat in obese adolescent girls. Pediatrics 36, (1965): 212-218

169. SHEPHARD, R.J., JONES, G., ISHII, K., KANEKO, M. and OLBRECHT, A.J.: Factors affecting body density and thickness of subcutaneous fat. Data on 518 Canadian city dwellers. Amer. J. clin. Nutr. 22, (1969): 1175-1189

170. SHIH, S.C.: Skinfold measurements in infants and preschool children in Taiwan. J. Fla. med. Ass. 66, (1967): 230 - 239

171. SIRI, W.E.: Body composition from fluid spaces and density. Berkeley, Calif.: Donner Lab. Med. Physics, Univ. Calif. Rept., 19 March, 1956

172. SIRI, W.E.: Apparatus for measuring body volume. Rev. Sci. Instrum. 27, (1956): 729

173. SKERLJ, B., BROZEK, J. and HUNT, E.E.: Subcutaneous fat and age changes in body build and body form in women. Am. J. Phys. Anthrop. 11, (1953): 577-600

174. SLOAN, A.W., BURT, J.J. and BLYTH, C.S.: Estimation of body fat in young women. J. appl. Physiol. 17, (1962): 967-970

175. SLOAN, A.W.: Estimation of body fat in young men. J. appl. Physiol. 23, (1967): 311-315

176. SLOAN, A.W. and DE V. WEIR, J.B.: Nomograms for prediction of body density and total body fat from skinfold measurements. J. appl. Physiol. 28, (1970): 221-222

177. SMITH, D.S. and BROWN, M.L.: Anthropometry in preschool children in Hawaii. Amer. J. clin. Nutr. 23, (1970): 932-939

178. STEINKAMP, R.C., COHEN, N.L., GAFFEY, W.R., McKEY, T., BRON, G., SIRI, W.E., SARGENT, T.W. and ISAACS, E.: Measures of body fat and related factors in normal adults. - II. A simple clinical method to estimate body fat and lean body mass. J. chron. Dis. 18, (1965): 1291-1307

179. STINE, O.C., SARATSIOTIS, J.B. and FURNO, O.F.: Appraising the health of culturally deprived children. Amer. J. clin. Nutr. 20, (1967): 1084 - 1095

180. STUART, H.C., HILL, P. and SHAW, C.: The growth of bone, muscle and overlying tissue as revealed by studies of roentgenograms of the leg area. Monograph of the Society for Research in Child development 5, Washington 1940

181. STUART, H.C. and SOBEL, E.H.: The thickness of the skin and subcutaneous tissue by age and sex in childhood. J. Pediat. 28, (1946): 637-646

182. TAKKI, S., TAKKI, K., HOPSU, V. and PALKAMA, A.: Fat pattering and its correlation to the age of children. Ann. Med. exp. Fenn. 43, (1965): 267-269

183. TANNER, J.B. and WHITEHOUSE, R.H.: Standards of subcutaneous fat in British children. Brit. med. J. 17, (1962): 446-450

184. TANNER, J.B.: Wachstum und Reifung des Menschen. Stuttgart, 1962

185. TEMPLE, R.S., STONACKER, H.H., HOWRY, D., POSAKONY, G. and HAZALEUS, M.H.: Ultrasonic and conductivity methods for estimating fat thickness in live cattle. Boulder, Colorado 1956

186. THOM, G.: Beziehungen zwischen einigen Körpermaßen und dem Körperfettanteil bei männlichen Studierenden. Med. Diss. Berlin (Humboldt-Univ.) 1969

187. THOMPSON, C.W., BUSKIRK, E.R. and GOLDMAN, R.F.: Changes in body fat, estimated from skinfold measurements of college basketball and hockey players during a season. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ. 27, (1956): 418-430

188. THOMPSON, C.W.: Changes in body fat, estimated from skinfold measurements of varsity college football players during a season. Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ. 30, (1959): 87-93

189. VINCENT, M. and HUGON, J.: L'insuffisance pondérale du prématuré africain. Bull. Wld Hlth Org. 26, (1962): 143-174

190. VISWESWARA, Rao and DARSHAN, Singh: An Evaluation of the relationship between nutritional status and anthropometric measurements. Amer. J. clin. Nutr. 23, (1970): 83-94

191. WADSWORTH, G.R. and LEE, S.T.: The height, weight and skinfold thickness of Muar school children. J. trop. Pediat. 6, (1960): 48-54

192. WHITTINGHAM, P.D.G.V.: Measurement of tissue thickness by ultrasound. Aerospace Med. 33, (1962): 1121-1128

193. WILMORE, J.H. and BEHNKE, A.R.: Predictability of lean body weight through anthropometric assessment in college men. J. appl. Physiol. 25, (1968): 349-355

194. WILMORE, J.H.: A simplified method for determination of residual lung volumes. J. appl. Physiol. 27, (1969): 96-100

195. WILMORE, J.H. and BEHNKE, A.R.: An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. J. appl. Physiol. 27, (1969): 25-31

196. WILMORE, J.H., GIRANDOLA, R.N. and MOODY, D.L.: Validity of skinfold and girth assessment for predicting, alterations in body composition. J. appl. Physiol. 29, (1970): 313-317

197. WILMORE, J.H., ROYCE, J., GIRANDOLA, R.N., KATCH, F.I. and KATCH, V.: Physiological alterations resulting from a 10 - week program of jogging. Med. Sci. Sports 2, (1970): 7-14

198. WILMORE, J.H. and BEHNKE, A.R.: An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. Am. J. clin. Nutr. 23, (1970): 267-274

199. WILMORE, J.H. and HASKELL, W.L.: Body composition and endurance capacity of professional football players. J. appl. Physiol. 33, (1972): 564-567

200. WOLLWEBER, F.: Persönl. Mitteilung 1972

201. WOODWARD, K.T., TRUJILLO, T.T., SCHUCH, R.L. and ANDERSON, E.C.: Correlation of total body potassium with body water. Nature (Lond.) 178, (1956): 97-98

202. YOUNG, C.M., MARTIN, M.E.K., CHIHAN, M., McCARTHY, M., MANNIELLO, J.J., HARMUTH, E.M. and FRYER, J.H.: Body composition of young women. J. Amer. diet. Ass. 38, (1961): 332-340

203. YOUNG, C.M., MARTIN, M.E.K., TENSUAN, R. and BLONDIN, J.: Predicting specific gravity and body fatness in young women. J. Amer. diet. Ass. 40, (1962): 102-107

204. YOUNG, C.M., BLONDIN, J., TENSUAN, R. and FRYER, J.H.: Body composition studies of "older" women, thirty to seventy years of age. Ann. N.Y. Acad. Sci. 110, (1963): 589-607

205. YOUNG, C.M., TENSUAN, R., SAULT, F. and HOLMES, F.: Estimating body fat of normal young women. J. Amer. diet. Ass. 42, (1963): 409-413

206. YOUNG, C.M.: Body composition and body weight: Criteria of overnutrition. Canad. med. Ass. J. 93, (1965): 900-910

207. YOUNG, C.M. and DIGIACOMO, M.M.: Protein utilization and changes in body composition during weight reduction. Metabolism 14, (1965): 1084-1094

208. YOUNG, C.M., SCANLAN, S.S., IM, H.S. and LUTWAK, L.: Effect on body composition and other parameters in obese young men of carbohydrate level of reduction diet. Amer. J. clin. Nutr. 24, (1971): 290-296

209. YUHASZ, M.S.: The effects of sport training on body fat in man with prediction of optimal body weight. (unpublished doctoral thesis). Urbana, Ill.: Univ. Illinois, 1962

Bevor ich meine Arbeit abschließe, möchte ich

Herrn Prof. Dr. med. W. BURMEISTER

für die interessante Aufgabe und die Hilfe bei

der Bearbeitung herzlich danken.

Mein Dank gilt gleichfalls Frl. I. KRICK,

Universitäts-Kinderklinik Homburg, für die

technische Unterstützung bei den Messungen

und Herrn grad. Ing. A. BINGERT vom Rechen-

zentrum der Universität Saarbrücken für die

Durchführung der Berechnungen.

LEBENSLAUF

Am 3. 12. 1935 wurde ich in Trier als Tochter des Rechtsanwalts Hans Kerpen und seiner Ehefrau Sigune Kerpen geb. Lieb geboren.

Volksschulbesuch von 1942 bis 1947 in Trier. Ab 1947 war ich Schülerin der Staatlichen Auguste Viktoria-Schule in Trier, wo ich 1955 die Reifeprüfung ablegte.

Zunächst ein Semester Philologie an der Universität München. Im Wintersemester 1955/56 begann ich in München das Studium der Medizin und legte dort 1958 die ärztliche Vorprüfung ab. Während der klinischen Semester studierte ich in Freiburg und Kiel. 1962 ärztliche Prüfung in Kiel.

Vom 1.1.1963 bis 30.11.1966 arbeitete ich - mit familiär bedingten Unterbrechungen - zwei Jahre als Medizinalassistentin in Kiel und Trier: Hals-Nasen-Ohrenklinik und Psychiatrische und Nervenklinik der Universität Kiel; Elisabeth-Krankenhaus,

Chirurgie Kiel; Innere Abteilung des Ev. Elisabeth-Krankenhauses Trier; Geburtshilflich-gynäkologische Abteilung und Chirurgische Abteilung des Herz-Jesu-Krankenhauses Trier.

Ärztliche Bestallung am 30. 11. 1966.

Ich bin verheiratet und habe drei Kinder.